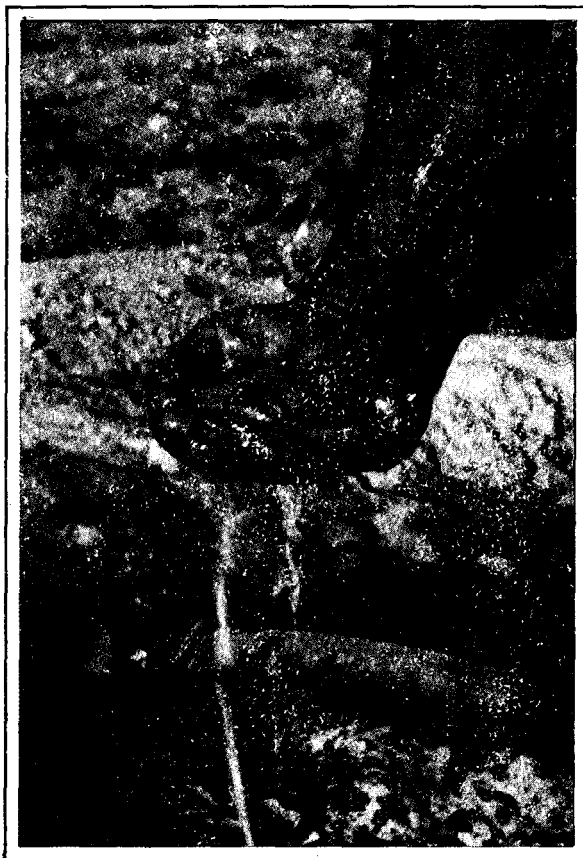




UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

AS BARRAGENS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL

Tecnologias de Baixo Custo

00762

IPA



CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO

DOCUMENTOS
Número 14

ISSN 0100-9729
fevereiro, 1982

*RN
computa
JK1*

UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
EM ÁREAS RURAIS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL
Tecnologias de Baixo Custo

Aderaldo de Souza Silva, Engº Agrº, M.Sc.
Everaldo Rocha Porto, Engº Agrº, M.Sc.

Utilizacao e conservacao dos
1982 LV-1983.00762



8087-1

EMBRAPA

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido

Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido (CPATSA)
Rua Presidente Dutra, 160
Caixa Postal, 23
Fone : (081) 961-0122*
Telex: (081) 1878
56.300 - Petrolina, PE

EMBRAPA/DID

Valor Aquisição Cr\$ _____
N.º N.º Fiscal _____
Fornecedor _____
N.º Ordem Comp. _____
Origem Doação
N.º de Tombo... 762/83

Silva, Aderaldo de Souza

Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil; tecnologias de baixo custo, por Aderaldo de Souza Silva e Everaldo Rocha Porto. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1982.

128 p. ilustr. (EMBRAPA/CPATSA. Documentos, 14)

1. Recursos hídricos - Utilização - Brasil - Regiões semi-áridas. 2. Recursos hídricos - Conservação - Brasil - Regiões semi-áridas. I. Porto, Everaldo Rocha, colab. II. Título. III. Série.

CDD - 333. 9813

© EMBRAPA

APRESENTAÇÃO

A crescente necessidade de reduzir, a níveis mínimos, as disparidades intra e inter-regionais nos países em desenvolvimento tem suscitado uma especial atenção aos problemas vinculados ao setor rural, principalmente daquelas regiões onde há numerosas e graves limitações em seus recursos naturais e/ou sócio-econômicos.

Dentro de uma visão mais abrangente, diversos países, apoiados por organizações mundiais, vêm despendendo contínuos esforços no sentido de intensificar a cooperação técnico-científica, como forma de racionalizar a aplicação de recursos técnicos, humanos e financeiros na busca de soluções para seus problemas mais cruciantes.

Ao participar da Reunião de Peritos sobre a Formulação do Projeto Regional Maior para Utilização e Conservação de Recursos Hídricos em Áreas Rurais da América Latina e Caribe, promovida pela UNESCO, de 08 a 13 de março de 1982, na Cidade do México, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), um dos integrantes da delegação brasileira nesse evento, sente-se gratificado em poder contribuir para o fortalecimento desse intercâmbio.

"UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS EM ÁREAS RURAIS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL - Tecnologias de Baixo Custo" reúne, detalhadamente, parte da experiência acumulada pelo CPATSA sobre Manejo de Solo e Água nesta região, com a intenção de subsidiar novas pesquisas sobre o tema e, ao mesmo tempo, servir de instrumento para ações governamentais de planejamento e de transferência de tecnologia.

RENIVAL ALVES DE SOUZA

Chefe do Centro de Pesquisa Agropecuária
do Trópico Semi-Árido.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
RESUMO	7
ABSTRACT	7
INTRODUÇÃO	9
MANEJO DE ÁGUA EM AGRICULTURA DEPENDENTE DE CHUVA ...	12
ALGUMAS TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA ÁREAS RURAIS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL	13
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA CONSUMO VEGETAL (SAES-CV)	21
SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PROVENIENTE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA CONSUMO ANIMAL (SAES-CA)	41
SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "in situ"	43
SISTEMA DE EXPLORAÇÃO AGRÍCOLA DE VAZANTES DE AÇUDES.	49
MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE IRRIGAÇÃO	55
RISCO NA AGRICULTURA DEPENDENTE DE CHUVA	105
ESTRATÉGIA PARA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO TSA	106
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	112
AGRADECIMENTOS	113
REFERÊNCIAS	114
ANEXO 1	125
ANEXO 2	126
ANEXO 3	127
ANEXO 4 44	128

UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
EM ÁREAS RURAIS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL

Tecnologias de baixo custo¹

Aderaldo de Souza Silva
Everaldo Rocha Porto²

RESUMO - O trabalho objetiva apresentar algumas tecnologias para utilização e conservação dos recursos hídricos, que estão sendo desenvolvidas e/ou adaptadas para as condições áridas e semi-áridas do Nordeste do Brasil, pelo Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA), em Petrolina, PE. Estas tecnologias consistem de: 1. Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva proveniente do Escoamento Superficial para o Consumo Humano (SAES-CH), através de cisternas; para o Consumo Animal (SAES-CA), através de tanques e barreiros; para o Consumo Vegetal (SAES-CV), através de barreiros para "irrigações de salvação". 2. Sistema de exploração agrícola de vazante de águas, rios e lagos, através de sulcos e camalhões em nível. 3. Sistemas de captação de água de chuva "in situ". 4. Método não convencional de irrigação, usando potes de barro e cápsulas porosas. As tecnologias citadas, com exceção do método que utiliza cápsulas porosas, já estão sendo introduzidas a nível de propriedades rurais, e vêm apresentando perspectiva de adoção por parte dos pequenos e médios produtores, desde quando aumentam a probabilidade de sucesso na estabilização e/ou incrementação da produção de alimentos em pequenas áreas agrícolas, constituindo-se alternativas essenciais dentro do componente "Pequena Irrigação a Nível de Propriedades Agrícolas do Trópico Semi-Árido Brasileiro".

Termos para indexação: recursos hídricos, cisternas, barreiro, escoamento superficial, agricultura de vazante, captação de água, método de irrigação, potes, cápsulas, semi-árido, manejo de solo, risco agrícola, microbacia hidrográfica.

USE AND CONSERVATION OF WATER RESOURCES
IN RURAL AREAS OF THE BRAZILIAN SEMI-ARID TROPIC
Low-cost technologies

ABSTRACT - The present paper reports on technologies for use and conservation of water resources, which are being developed and/or adapted for the arid and semi-arid conditions of Northeast Brazil. These technologies consist of: 1. Water Harvesting Systems for Human Consumption (SAES-CH), through cisterns, for animal use (SAES-CA), through small tanks, and for vegetal use (SAES), through tanks for "life saving irrigation". 2. Receding Agricultural System from dams, rivers, and lakes, through broadbed - furrows in level. 3. Microcatchment Systems. 4. Unconventional Irrigation Method, using clay pitchers and porous capsules. All of these technologies, except for that which makes use of porous capsules, have already been introduced in small farms and have showed a good perspective of utilization by small and medium farmers, since they increase stability and/or food production in small agricultural areas. They also represent substantial alternatives in "Small Irrigation at Farm Level in the Brazilian Semi-Arid Tropic".

Index terms: water resources, cisterns, tanks, runoff, receding agriculture, water catchment, irrigation method, pitcher, capsule, semi-arid, soil management, agricultural risk, watershed.

¹ Contribuição do Convênio EMBRAPA/CPATSA-SUDENE/PROJETO SERTANEJO - Palestra Técnica proferida na Reunião sobre a Formulação do Projeto Regional Maior para Utilização e Conservação dos Recursos Hídricos em Áreas Rurais da América Latina e Caribe - UNESCO. Período: 08 a 13.03.82, cidade do México-DF.

² Engº Agrº, M.Sc., Pesquisador em Manejo de Solo e Água. CPATSA-EMBRAPA.

UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS EM ÁREAS RURAIS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL

Tecnologias de baixo custo¹

Aderaldo de Souza Silva
Everaldo Rocha Porto²

INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro está situado entre 1° e 18°30' de latitude Sul e 34°30' e 48°20' de longitude Oeste de Greenwich. Sua área é de 1.640.000 km² e abrange nove estados, registrando-se climas que vão desde o super-úmido e o semi-árido.

O Trópico Semi-Árido (TSA) brasileiro corresponde a mais da metade da área do Nordeste (cerca de 75%) e compreende os Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, a região setentrional do Estado de Minas Gerais (vértice meridional do "Polígono das Secas") e o Território de Fernando de Noronha. Apresenta regiões fisiográficas heterogêneas, que condicionam atividades econômicas distintas. Em uma análise das suas potencialidades, dentro das condições de cada sub-região, podem ser identificadas as seguintes situações:

- áreas de baixa precipitação pluviométrica, porém potencial em solos e reservas de água de superfície ou subterrânea, passíveis de serem exploradas com irrigações;

¹ Contribuição do Convênio EMBRAPA/CPATSA-SUDENE/PROJETO SERTANEJO - Palestra Técnica proferida na Reunião sobre a Formulação do Projeto Regional Maior para Utilização e Conservação dos Recursos Hídricos em Áreas Rurais da América Latina e Caribe - UNESCO. Período: 08 a 13.03.82, cidade do México-DF.

² Engº Agrº, M.Sc., Pesquisador em Manejo de Solo e Água. CPATSA-EMBRAPA.

- . áreas sujeitas a forte instabilidade climática, mais propícias para a atividade pecuária;
- . áreas que apresentam menor irregularidade na distribuição das chuvas e com potencial de solos, oferecendo possibilidades de proporcionar razoáveis colheitas com culturas de ciclo curto (agricultura de sequeiro).

À semelhança de outras regiões semi-áridas do mundo, o TSA brasileiro apresenta solos rasos e pedregosos, com baixa capacidade de retenção de água e baixo teor de matéria orgânica, evaporação situando-se em torno de 2.000 mm/ano, alta potencialidade para erosão e temperaturas variando de 23 a 28°C. Estas características, associadas à instabilidade climática, representada mais pela irregularidade das chuvas do que por sua escassez, têm se constituído no principal obstáculo à estabilização da produção de alimentos na região, Silva, Porto & Comes (1981).

Estudos climatológicos atestam que o Nordeste registra razoável precipitação pluviométrica anual, em torno de 700 bilhões de m³. A sua maior parte (cerca de 642 bilhões e 600 milhões de m³, ou 91,8% do total) é consumida pelo fenômeno da evapotranspiração, aproximadamente 36 bilhões de m³ (5,1% do total) perdem-se por escoamento superficial para os rios, e destes para o mar, enquanto cerca de 24 bilhões de m³ ficam efetivamente disponíveis, Rebouças & Marinho (1972).

Por outro lado, observa-se que, nesta região, 84% dos imóveis rurais têm área inferior a 100 ha, EMBRAPA/CPATSA (1979), e a predominância de pequenos produtores rurais, associada a uma grande concentração de minifúndios, faz com que, em anos de seca, os mais atingidos pelos seus efeitos sejam exatamente esses produtores, Brasil.SUDENE (1977).

A necessidade de implementarem-se alternativas estratégicas que possibilitem maximizar a utilização dos recursos pluviais disponíveis no Nordeste, reduzindo o elevado risco da exploração agrícola em áreas dependentes de chuva, constitui o fundamento básico para os estudos que o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPATSA-EMBRAPA) vem desenvolvendo.

Com base em sugestões técnicas, consultorias e na literatura mundial sobre Trópicos Semi-Áridos, o Centro estruturou um programa em Manejo de Solo e Água, visando dotar as pequenas e médias propriedades rurais do Nordeste de infra-estrutura capaz de torná-las resistentes aos efeitos das estiagens prolongadas. As principais técnicas contempladas para as áreas com recursos hídricos escassos são:

1. Sistema de aproveitamento de água de chuva proveniente do Escoamento Superficial para o Consumo Humano (SAES-CH), através de cisternas; para o Consumo Animal (SAES-CA), através de tanques e barreiros; para o Consumo Vegetal (SAES-CV), através de barreiros para "irrigações de salvação".
2. Sistema de exploração de vazantes de açudes, rios e lagos, através de sulcos e camalhões em nível.
3. Sistemas de captação de água de chuva "in situ".
4. Método não convencional de irrigação usando potes de barro e cápsulas porosas.

Essas técnicas, com exceção da que utiliza cápsulas porosas, vêm sendo testadas a nível de produtor nos Estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí, com o objetivo de estabilizar a produção em propriedades de menos de 100 ha, mesmo em anos de frustração de safra, como 1979, 1980 e 1981.

Este trabalho apresenta uma coletânea de informações técnico-científicas, sobre as tecnologias citadas anteriormente, geradas e/ou adaptadas no CPATSA, em Petrolina, PE, Brasil.

O modelo integrado destas tecnologias contempla os três pontos frágeis de uma propriedade agrícola situada em região semi-árida, que poderiam ser considerados pelos pequenos e médios produtores rurais, posto que se referem a captação, conservação e utilização de água de chuva para consumo humano, vegetal e animal, em áreas com recursos hídricos escassos.

MANEJO DE ÁGUA EM AGRICULTURA DEPENDENTE DE CHUVA

Nos estudos sobre manejo de água em agricultura dependente de chuva, o CPATSA tem dado ênfase à análise de risco climático, época de plantio das culturas tradicionais, potencialidade de aproveitamento do escoamento superficial e do requerimento de água em "irrigações de salvação", objetivando otimizar o uso dos recursos hídricos disponíveis. Estes estudos vêm subsidiando o desenvolvimento de tecnologias apropriadas a diferentes condições agroecológicas e sócio-econômicas do Trópico Semi-Árido brasileiro, considerando a interdependência dos diversos segmentos e as necessidades das propriedades rurais.

Antes da descrição dessas tecnologias, torna-se necessário esclarecer alguns conceitos básicos de determinadas expressões técnicas que serão utilizadas neste trabalho, quais sejam: pequena irrigação; irrigação convencional; irrigação não convencional; irrigações de salvação; métodos convencionais de irrigação; métodos não convencionais de irrigação.

Pequena irrigação

É a irrigação conduzida a nível de propriedade rural, de baixo custo, fácil manejo e alta eficiência de uso, através de qualquer método de aplicação de água, em módulos médios irrigáveis definidos em função dos tipos de fontes de água, dos métodos de irrigação, da época de utilização e das necessidades totais da propriedade.

Irrigação convencional

É a irrigação conduzida em áreas onde o recurso solo não é limitante e a água é abundante, permitindo a aplicação sistemática da quantidade de água suficiente para atender aos requerimentos do uso consuntivo das culturas.

Irrigação não convencional

É a irrigação conduzida em áreas onde o recurso solo é limitante e/ou o recurso água é escasso, não permitindo a

aplicação sistemática da quantidade de água suficiente para atender aos requerimentos totais do uso consuntivo das culturas.

Irrigação de salvação

É a irrigação suplementar realizada através de pequenas lâminas de água, geralmente ao redor de 30 mm, para atender ao requerimento mínimo de água das culturas, após a ocorrência de déficits hídricos.

Métodos não convencionais de irrigação

São métodos de aplicação de água, de fácil manejo e alta eficiência, capazes de estabilizar e/ou incrementar a produção de culturas alimentares em pequenas áreas, com recursos hídricos escassos.

ALGUMAS TÉCNICAS DE UTILIZAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS PARA ÁREAS RURAIS DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO DO BRASIL

Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva Proveniente do Escoamento Superficial para o Consumo Humano (SAES-CH)

Cisternas Rurais

Um dos graves efeitos da seca, nas regiões áridas e semi-áridas, é a escassez de água potável para o consumo familiar. À medida que as fontes habituais de água vão se esgotando, as famílias passam a utilizar as não habituais, geralmente partilhadas com animais, agravando a situação devido à péssima qualidade da água, que concorre para uma maior incidência de doenças no meio rural.

A técnica de captação e armazenamento de água de chuva na pequena propriedade rural, para o consumo humano, tem sido usada secularmente nas zonas urbanas, porém foi pouco difundida no meio rural, particularmente no Nordeste Semi-Árido. Consiste em aproveitar os telhados das ca

sas como área de captação e os depósitos ou cisternas co-
 mo área de armazenamento. Esses telhados se apresentam co-
 mo uma das mais eficientes áreas de captação que se conhe-
 ce, posto que permite escoar totalmente o volume precipi-
 tado.

O sistema SAES-CH é constituído de três elementos básicos: Área de captação (Ac), Sistema condutor (Sc) e Tanque de armazenamento (Ta), ou cisterna propriamente dita.

Área de captação (Ac). É formada pela cobertura das construções rurais dos mais diferentes tipos de material (lajes, telhas, plástico, etc). Seu dimensionamento é função da área coberta, tipo de material usado na cobertura e da ocorrência pluviométrica, a 50% de probabilidade.

Sistema condutor de água (Sc). O Sc é formado pelas calhas ou bicas e pelo tubo condutor de água, que permite coletar toda a água proveniente do telhado e transportá-la para o Tanque de armazenamento (Ta) ou Cisterna. O dimensionamento do Sc é função do volume de água a coletar na Ac. Na sua confecção, utilizam-se folhas de zinco, tubos de PVC, troncos de árvore, etc.

Tanque de armazenamento (Ta) ou Cisterna. O Ta (depósito ou cisterna) pode ser construído em alvenaria de tijolos de uma vez, com argamassa de cimento e areia, com traço de 1:4 e espessura de 20 cm; ou de pedra, de forma quadrada, retangular ou cilíndrica, como se observa na Figura 1. O tipo de cisterna convencional mais adequado é o cilíndrico, por apresentar economia de material, melhor distribuição do peso da coluna líquida e maior facilidade de dimensionamento da cisterna.

A quantidade de água necessária ao consumo familiar e o dimensionamento do sistema são fundamentados em informações técnicas existentes sobre escoamento superficial, Daker (1973), Silva et al. (1981).

O dimensionamento do Ta é função do consumo diário da família, principalmente durante o período de estiagem mais longa, na maioria dos casos estimado em dez meses para a região Nordeste. Estima-se, para cada pessoa adulta, um consumo diário de 10 a 30 litros de água.

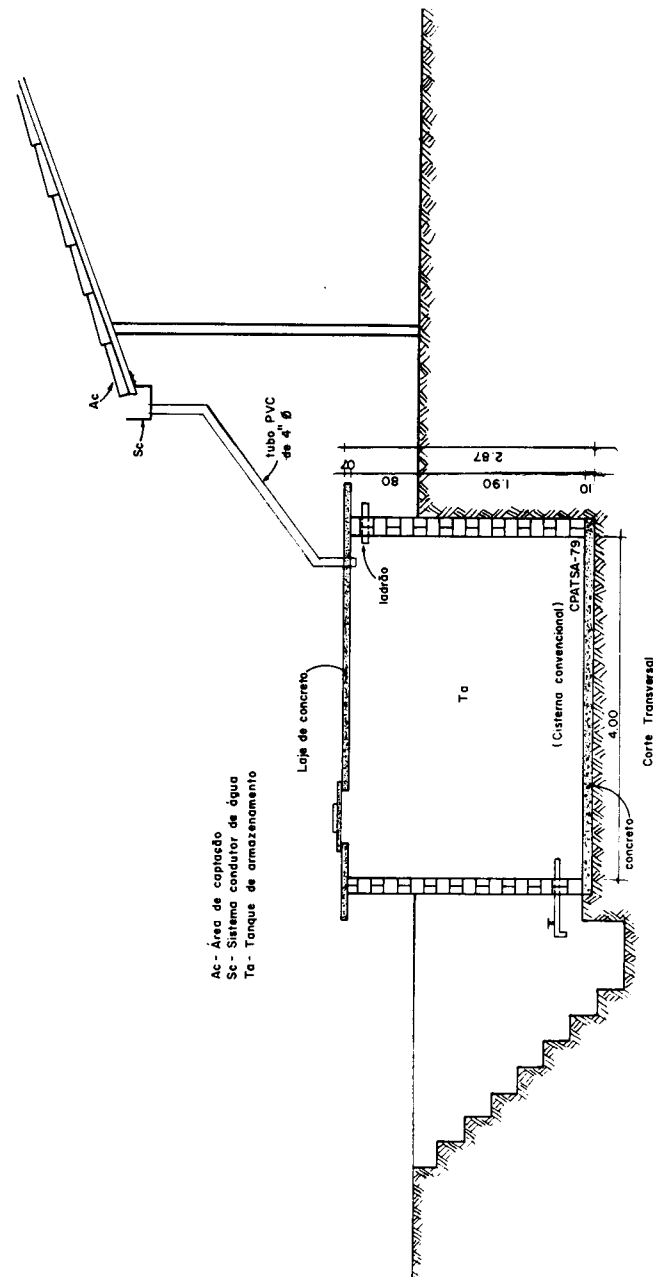


FIG. 1 Cisterna rural com capacidade para 30 m³

Dimensionamento Hipotético do Sistema

Condições mínimas de uso de água:

- . Número de pessoas por família = 5
- . Consumo/família/dia = 50 l
- . Consumo/pessoa/dia = 10 l
- . Precipitação média (Pm) anual da região = 400 mm = 0,4 m
- . Volume (V) da cisterna = 15 m³
- . Coeficiente de escoamento (C), estimado para a Área de captação (telhado) = 0,7
- . Área do telhado ou Área de captação (Ac) = 10 x 6 m = 60 m²

A área de captação necessária para encher esta cisterna será:

$$Ac = V/C \times P = 15 \text{ m}^3 / 0,7 \times 0,4 \text{ m} = 54 \text{ m}^2$$

Como se dispõe de uma área coberta de 60 m², esta será suficiente para captar a água exigida pela cisterna.

Condição regular de uso de água:

- . Número de pessoas por família = 5
- . Consumo/família/dia = 100 l
- . Consumo/pessoa/dia = 20 l
- . Precipitação média (Pm) anual da região = 0,4 m
- . Volume (V) da cisterna = 30 m³
- . Coeficiente do escoamento (C) estimado para a Área de captação (telhado) = 0,7
- . Área do telhado ou Área de captação (Ac) = 10 x 6 m = 60 m²

A Área de captação necessária para encher esta cisterna será:

$$Ac = V/C \times P = 30 \text{ m}^3 / 0,7 \times 0,4 \text{ m} = 107 \text{ m}^2$$

Como se dispõe de uma área coberta de 60 m², esta será insuficiente para captar a água exigida para encher a cisterna, havendo necessidade de ampliar-se a área coberta.

No Anexo I, encontram-se as dimensões do sistema SAES-CH para diferentes condições climáticas, considerando o Número de Pessoas (NP) por família, Coeficientes de escoamento superficial (C), Precipitação média anual da região (Pm) e Volume de água a ser armazenada na cisterna (V).

Por outro lado, a cisterna apresentada na Figura 1, tem um custo atual (fev. 1982) estimado em Cr\$ 135.000,00 (aproximadamente US\$ 1.000,00). Isto ocasiona duas limitações na instalação de cisternas no meio rural, principalmente para os pequenos produtores: a primeira é a insuficiência da Área de captação (Ac), em grande parte das residências rurais, para a coleta de volumes de água adequados; a segunda consiste nos elevados custos quando as cisternas são construídas em alvenaria com tijolos de uma vez, argamassa de cimento e areia e laje de concreto.

O CPATSA, visando eliminar estas limitações, vem estudando vários tipos de cisterna, utilizando materiais mais baratos e simplificando a técnica de construção. Estas cisternas têm como Área de captação (Ac), Sistema condutor (Sc) e Tanque de armazenamento (Ta), o próprio solo. Nas Figuras 2 e 3, apresentam-se três modelos de cisterna, A, B e C, para diferentes condições sócio-econômicas das comunidades rurais, enquanto na Figura 4 encontra-se um modelo mais sofisticado de cisterna, com dois sistemas de filtragem.

Conservação de água da cisterna

A água proveniente das chuvas no Trópico Semi-Árido brasileiro é normalmente pura, não contendo substâncias estranhas, nem micróbios. Entretanto, geralmente é captada nos telhados, e estes ficam expostos a poeira, excrementos de pássaros, etc, durante os meses sem chuva. A orientação prática para se evitar sujar a água limpa da chuva é não coletar as primeiras águas. Para isto, o tubo condutor que coleta água das calhas deve ter um dispositivo que permita fechar, quando necessário, a passagem de

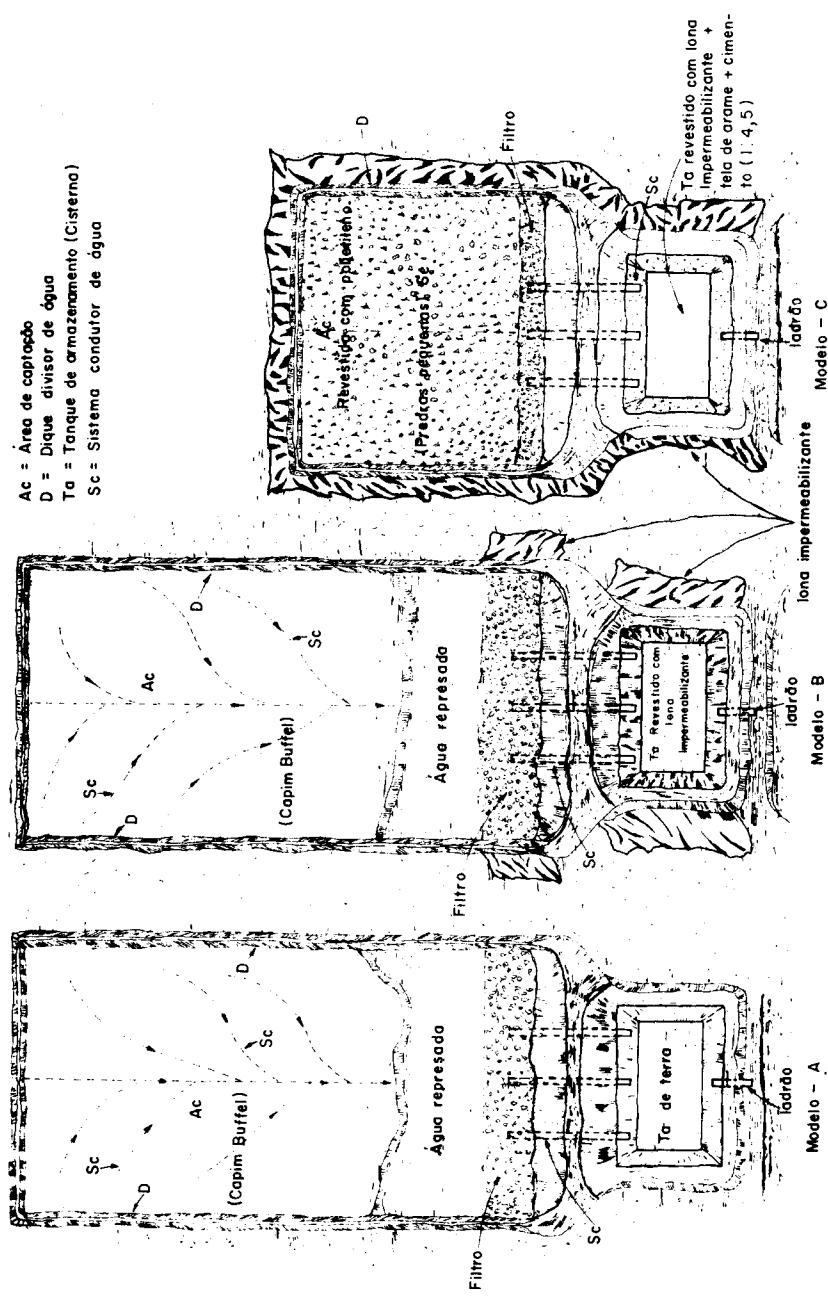


FIG. 2. Diferentes modelos de cisternas rurais (A,B e C) com capacidade para 50 m³, cada. (CPATSA-82).

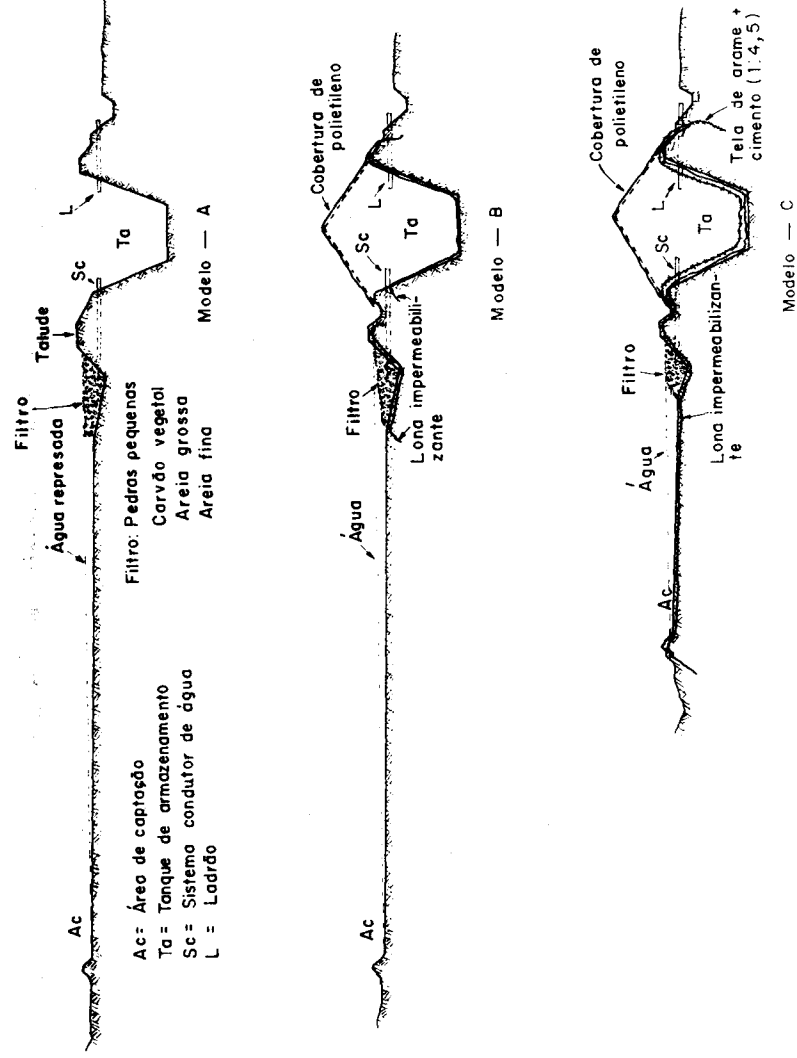


FIG 3. Corte longitudinal nos modelos de cisternas rurais A,B e C (CPATSA - 82)

- Fa = Filtro de areia
 Ac = Área de captação
 Ta = Tanque de armazenamento ou cisterna
 Ca = Conductor de água de 4" de ϕ
 Ba = Bomba manual de sucção
 Lp = Lona de plástico
 Ra = Reservatório de alvenaria

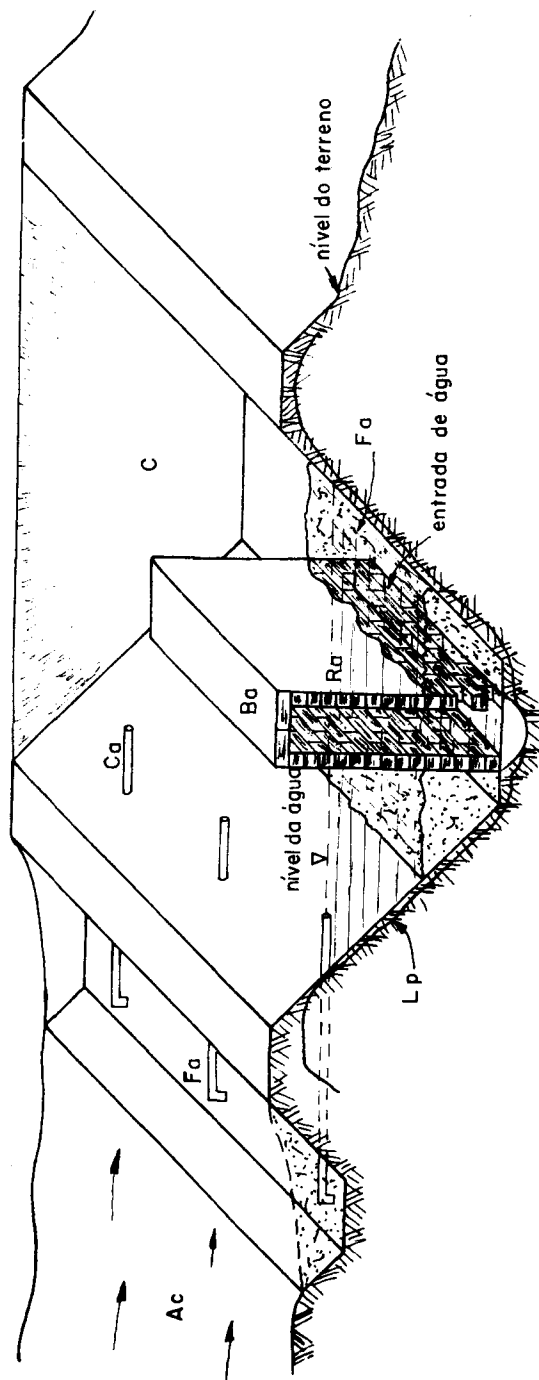


FIG. 4 Modelo esquemático de uma cisterna subterrânea revestida de alvenaria ou de plástico com capacidade para 50 m³ de água

água para a cisterna, jogando fora a água do começo da chuva. Após algum tempo de duração da chuva, a água entrará bastante limpa, na cisterna.

A qualidade da água poderá ser melhorada se for instalado, entre o tubo condutor e a cisterna, um filtro formado por camadas superpostas de pedra britada, areia grossa, carvão triturado e areia fina lavada. Todavia, as primeiras águas que passam pelo filtro ainda são sujas, devendo a própria lavagem do material que o compõe. Por este motivo, os materiais que constituem o filtro devem ser bem lavados antes da sua confecção. Mesmo assim, a existência do filtro não dispensa a eliminação das águas das primeiras chuvas.

A cisterna deverá ser toda fechada, exceto na parte posterior, onde uma tampa possibilita a limpeza de ano em ano. As limpezas poderão ser mais frequentes, se a cisterna for dividida ao meio por uma parede, porque os usuários consumiriam primeiro uma parte, permitindo a limpeza desta, que serviria para armazenar água de chuvas eventuais. Nas cisternas de forma quadrangular ou retangular, os cantos das paredes poderão ser arredondados, para facilitar as limpezas periódicas.

A cisterna deverá ser mantida bem fechada, evitando-se, principalmente, a entrada de luz e insetos. A ausência de luz dentro da cisterna evita a criação de algas. Por outro lado, os baldes usados para retirar água são uma fonte permanente de contaminação. Devido a isto, aconselha-se a instalação, sempre que possível, de um tubo plástico com torneira na parte mais baixa da cisterna, que permita a retirada de água, sem nenhum contato direto com a água da cisterna.

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA CONSUMO VEGETAL (SAES-CV)

Barreiro para uso de "irrigações de salvação"

A utilização da água do escoamento superficial para a exploração agrícola em regiões áridas e semi-áridas, onde não existe fonte de água permanente, é uma técnica que

tem sido usada há muitos séculos, desde o ano 950 A.C., e investigações recentes no deserto de Negev demonstram vestígios de sistemas agrícolas antigos, baseados nesta técnica, Stern (1980) e Evenari, Shanan & Tadmor (1971). Propriedades rurais com área de 3 ha, nas partes baixas dos vales estreitos, foram irrigadas com água captada nas encostas das montanhas em áreas de até 60 ha. A água de chuva proveniente das áreas de captação foi coletada em canais e distribuída para áreas com terraço. A pesquisa experimental moderna tem demonstrado que o sistema SAES-CV opera com muito sucesso, se existir uma adequada proporcionalidade entre área de captação e área de plantio, permitindo que a exploração agrícola seja implementada em regiões com precipitação média anual de até 100 mm, Stern (1980).

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA SAES-CV

O SAES-CV é constituído de três elementos básicos: Área de captação (Ac), Tanque de armazenamento (Ta) e Área de plantio (Ap), como se observa nas Figuras 5 e 6, correspondendo a uma área aproximada de 5 ha, que pode variar conforme a situação sócio-econômica do produtor e as características edafo-climáticas da propriedade rural.

Área de captação (Ac). É a área destinada a captar a água de chuva, com declividade variável, limitada por um Dique (D) de terra natural ou artificial, que funciona como divisor de água. Esta área forma uma microbacia hidrográfica, cuja área média é de 3 ha, podendo ser variável, desde que se guarde a relação Ac/Área de plantio/Tanque de armazenamento.

Tanque de armazenamento (Ta) ou barreiro. É a área destinada a armazenar a água captada na Ac. A capacidade média do barreiro é de 3.000 m³, abrangendo uma área de 0,2 a 0,4 ha, locada abaixo da Ac. O Ta poderá ter diferentes capacidades, desde que se mantenha a proporcionalidade entre os elementos básicos do sistema.

Área de plantio (Ap). É a área reservada ao cultivo das lavouras, preferencialmente alimentares. Deve ser pre parada no sistema de sulcos e camalhões, que possibilita a aplicação das irrigações de salvação e a exploração de cultivos consorciados, como também facilita as práticas agrícolas de manejo a tração animal. A Ap é locada à jusante do Ta e ocupa uma área aproximada de 2 ha (o seu tamanho, entretanto, deve ser sugerido pelo produtor, conforme as necessidades de sua família e as características do solo, clima e topografia).

Dimensionamento do sistema

A fórmula³ utilizada no dimensionamento do SAES é a seguinte:

$Ac = Vb / C \times P$, onde:

Ac = Área de captação desejada (m²);

Vb = Volume bruto de água a ser armazenada (m³) no barreiro;

C = Coeficiente de escoamento superficial, estimado para Ac;

P = Precipitação média anual da região ou a 50% de probabilidade (m).

Para o dimensionamento do sistema, em uma região com precipitação média anual de 400 mm, partiu-se de três premissas:

1. que 100 mm de água armazenados por hectare, à disposição do produtor, são suficientes para reduzir sensivelmente os efeitos das estiagens prolongadas, que acontecem durante o período chuvoso;

³ Nesta fórmula serão introduzidas as Perdas Totais de Água (PTA) em barreiros, durante o período de utilização da água armazenada.

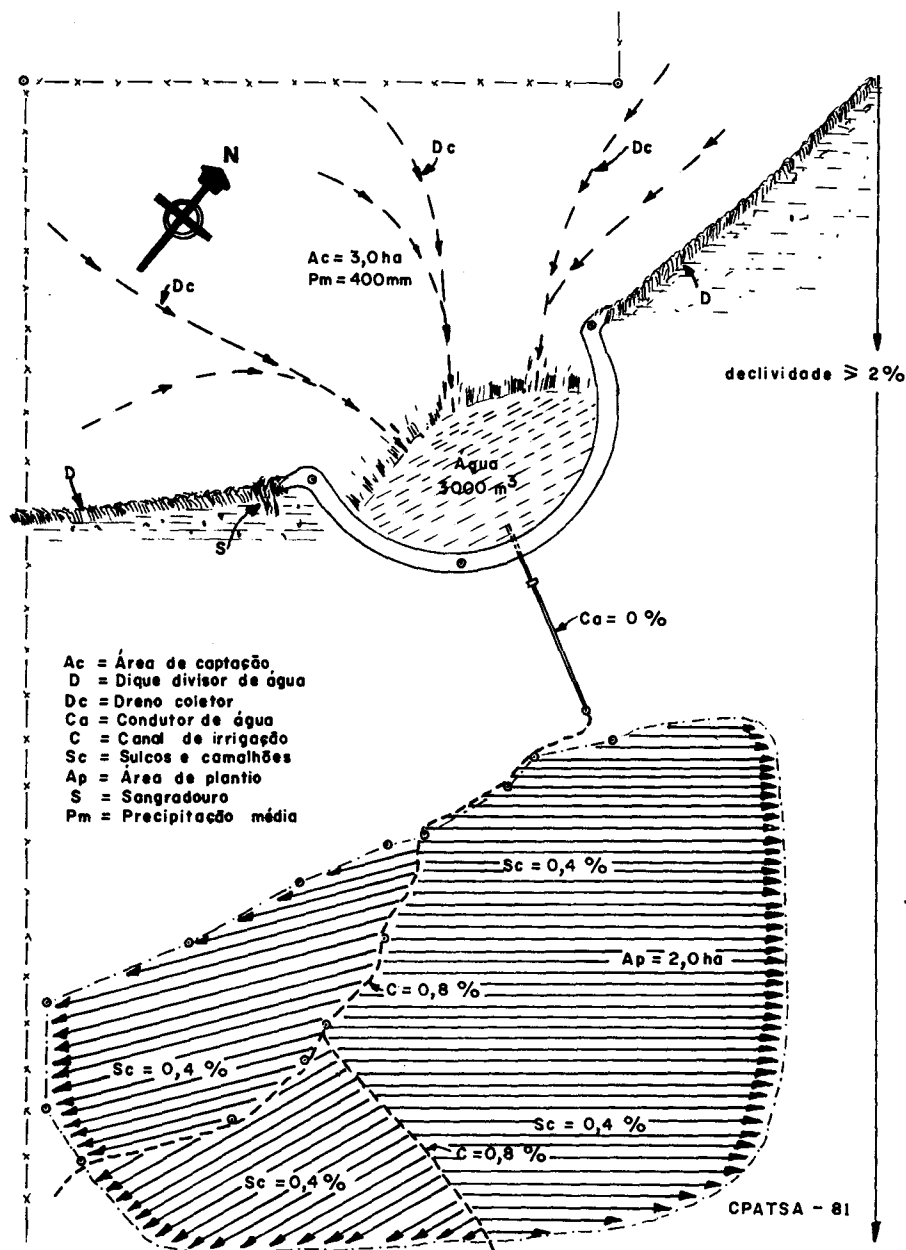


FIG. 5 Aproveitamento do escoamento superficial (SAES): barragem para uso com irrigação de salvação.

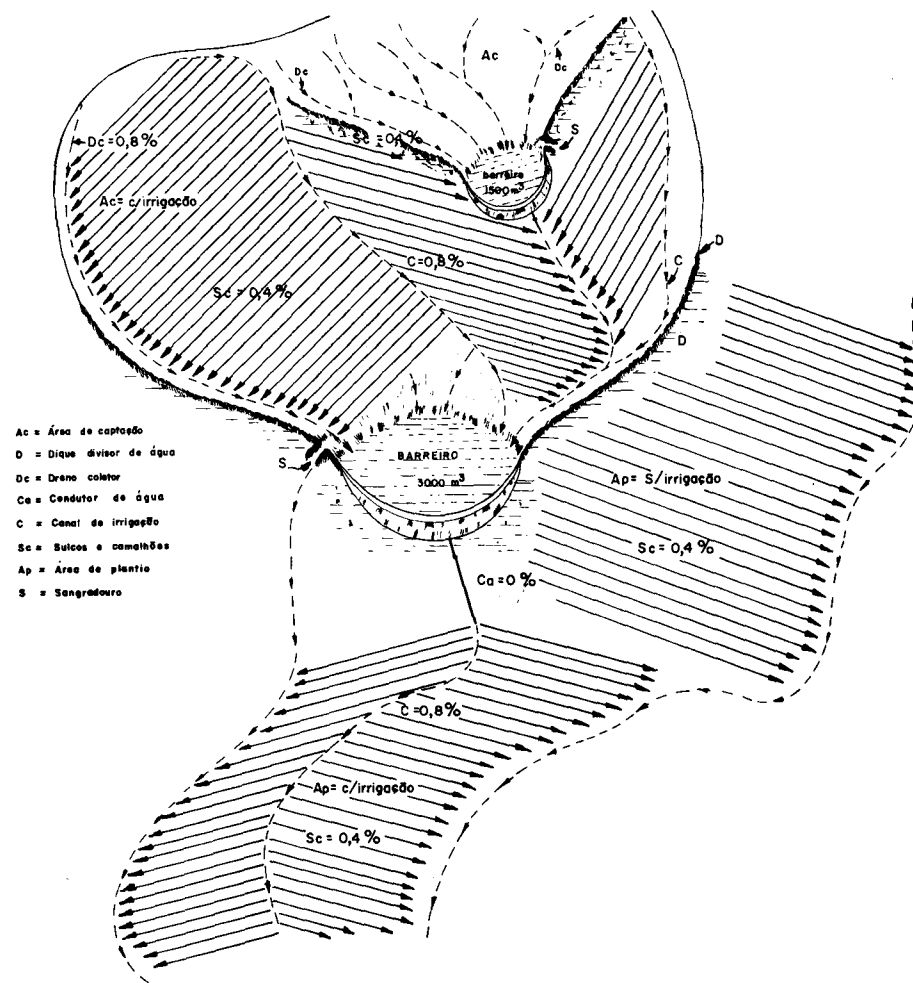


FIG. 6 Sistema de aproveitamento do escoamento superficial: Micro-bacia hidrográfica para uso com irrigação de salvação.

2. que 2 ha explorados com culturas alimentares são suficientes para que o produtor tenha a alimentação básica da família e algum excedente que possa ser comercializado para cobrir o financiamento do sistema;
3. que as perdas totais por infiltração e evaporação no barreiro seriam correspondentes a 50% do Volume útil (Vu) a ser usado. Portanto, no caso específico da região mencionada acima, o Volume bruto (Vb) de água, necessário para o SAES, é de 3.000 m^3 , considerando-se o coeficiente C igual a 0,20 e área Ac correspondente a 3,8 ha.

No Anexo 2, encontram-se as dimensões do SAES-CV para diferentes condições climáticas, considerando o Volume bruto (Vb) a ser armazenado, a Área de plantio (Ap), a Precipitação média da região (Pm) e diferentes valores do Coeficiente de escoamento superficial (C).

Perdas Totais de Água no barreiro (PTA)

Segundo Silva, Porto & Gomes (1981), as perdas totais de água do barreiro são de 50% do Volume útil (Vu). Na Figura 7, apresentam-se as Perdas Totais de Água (PTA), ocorridas em dois barreiros da região de Petrolina, PE, com capacidade máxima de $3.758,64 \text{ m}^3$ e $4.033,55 \text{ m}^3$, respectivamente, e as equações estimativas.

Na Figura 7, observam-se as Perdas Totais de Água (PTA) dos barreiros I e II, correspondentes a um período de 60 dias, em que ocorreram 13 mm de chuva distribuídos em cinco dias. As equações que estimam as PTA dos barreiros I e II, correspondem a:

$$\text{PTA} = -14,26 + 7,32 D \quad (r = 0,98)$$

$$\text{PTA} = -2,94 + 5,85 D \quad (r = 0,90)$$

cujos coeficientes de correlação são altamente significativos. A PTA média é de 6,6 mm/dia, considerada baixa. Na equação, D corresponde ao número de dias.

Calculando a PTA, verifica-se que esta é de 198 mm/mês, sendo condizente com os resultados descritos por Guerra (1975) e EMBRAPA/CAPTSA (1981). Segundo os autores, os açudes do Nordeste perdem 200 mm/mês, de julho a dezembro,

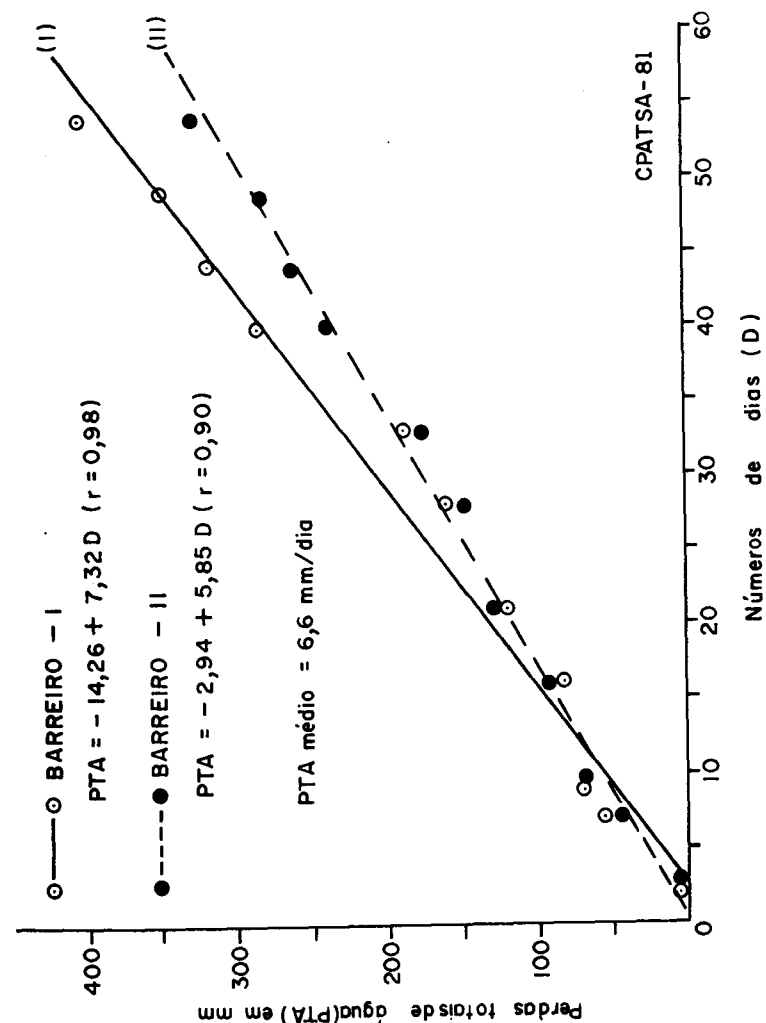


FIG. 7. Perdas totais de água (PTA) em barreiro para uso com irrigação de sequejo.

somente devido à evaporação. Salienta-se que o dado apresentado é mais baixo, porque o período analisado foi de dezembro a janeiro e ocorreram 13 mm de chuva. Os resultados apresentados na Figura 7 podem servir para estimar as PTA de uma região de baixa precipitação, ao redor de 400 mm, para efeito do dimensionamento do sistema SAES-CV.

Coefficiente de Escoamento Superficial (C)

O coeficiente C depende de vários fatores, tais como: topografia, cobertura vegetal, comprimento da Ac, textura e profundidade do solo, teor de matéria orgânica, grau de compactação do terreno, teor de umidade do solo, intensidade, duração e frequência com que se apresentam as chuvas.

Os coeficientes de escoamentos superficiais, encontrados normalmente na literatura, não foram suficientes para a instalação do sistema SAES-CV, no Nordeste do Brasil. Por esta razão, o CPATSA iniciou a determinação dos coeficientes para as condições edafo-climáticas do Trópico Semi-Árido nordestino, cujos resultados obtidos encontram-se na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta Coeficientes de escoamentos superficiais (C), determinados no Campo Experimental da Caatinga, em Petrolina, PE, cujas características das Áreas de captação são as seguintes:

Ac_1 = solo desnudo, com drenos coletores e sulcos e camalhões, com declividade de 2%;

Ac_2 = solo desnudo, com drenos coletores e sulcos e camalhões, com declividade de 4%;

Ac_3 = solo desnudo, com covas abertas na área de captação, com declividade de 2%;

Ac_4 = solo desnudo, com covas abertas na área de captação, com declividade de 4%;

Ac_5 = vegetação nativa (caatinga) de dois anos, e declividade de 2%;

Ac_6 = vegetação nativa (caatinga) de dois anos, e declividade de 4%;

TABELA 1. Coeficiente de escoamento Superficial (C) para diferentes Áreas de captação (Ac) e Declividade (D) do terreno - CPATSA 1981.

Data do evento (1981)	Precipitação (mm)	Ac experimentais (3,5 x 11m)						Ac operacionais			
		Ac1		Ac2		Ac3		Ac4		Ac5	
		D=2%	D=4%	D=2%	D=4%	D=2%	D=4%	D=2%	D=4%	D=2%	D=4%
29.01	23,6	0,25	0,32	0,01	0,02	0,04	0,02	0,02	0,03	0,08	0,06
11.03	74,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,22	0,25
13.03	32,5	0,28	0,47	0,05	0,13	0,10	0,06	0,03	0,28	0,15	0,19
14.03	31,2	0,20	0,28	0,03	0,06	0,09	0,05	0,02	0,23	0,15	0,19
15.03	23,2	0,35	0,42	0,04	0,07	0,15	0,10	0,02	0,25	0,08	0,12
18.03	30,4	0,33	0,41	0,04	0,10	0,07	0,06	0,02	0,27	0,15	0,20
20.03	23,8	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,11	0,13
23.03	42,4	0,49	0,52	0,20	0,25	0,27	0,20	0,14	0,37	0,21	0,22
24.03	17,2	0,10	0,16	0,02	0,02	0,04	0,02	0,02	0,09	0,07	0,09
26.03	166,0	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40	0,44
28.03	57,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
02.04	20,0	-	-	0,07	0,12	0,05	0,02	0,02	0,38	-	-
06.04	5,6	0,15	0,28	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	-	-
C/Médio		0,24	0,32	0,05	0,08	0,08	0,06	0,03	0,19	0,16	0,19

Ac_7 = solo desnudo, bastante pedregoso, com declividade de 2%;

Ac_8 = solo desnudo, com pedras pequenas na camada superficial, com declividade de 4%.

Barreiro I. Área de captação de 3 ha, coberta com vegetação nativa (caatinga) de dois anos, com drenos coletores distribuídos na área e declividade de 2,5%.

Barreiro II. Área de captação de 4 ha, coberta com vegetação nativa (caatinga) de dois anos, com drenos coletores e declividade de 2,5%.

O coeficiente C, encontrado na Tabela 1, representa a relação entre a intensidade do escoamento e a intensidade da precipitação, cujo valor seria entre 0 e 1.0 coeficiente é a porcentagem do volume de água precipitada, que escoa superficialmente para o barreiro. Os C médios, para os barreiros I e II, podem ser observados nas Figuras 8 e 9.

Nas Figuras 8 e 9, apresentam-se as precipitações diárias e os coeficientes C, durante o ciclo agrícola de 1981 para os barreiros I e II, cujas equações estimadas são:

$$P = 6,62 e^{12,29 C}, r^2 = 0,94$$

$$P = 5,98 e^{11,61 C}, r^2 = 0,90$$

respectivamente. Nas equações, o C corresponde ao coeficiente de escoamento superficial.

O modelo matemático, adotado para correlacionar o Coeficiente (C) em função das precipitações pluviométricas diárias (P), em mm, pressupõe um coeficiente de proporcionalidade exponencial entre a variável independente C e a variável dependente P, cujo coeficiente de determinação obtido, altamente significativo, demonstra a adequação do método utilizado.

Objetivando facilitar a seleção do C mais adequado para as diferentes situações edafo-climáticas do Semi-Árido brasileiro, confeccionou-se a Tabela 2. Nesta Tabela cons

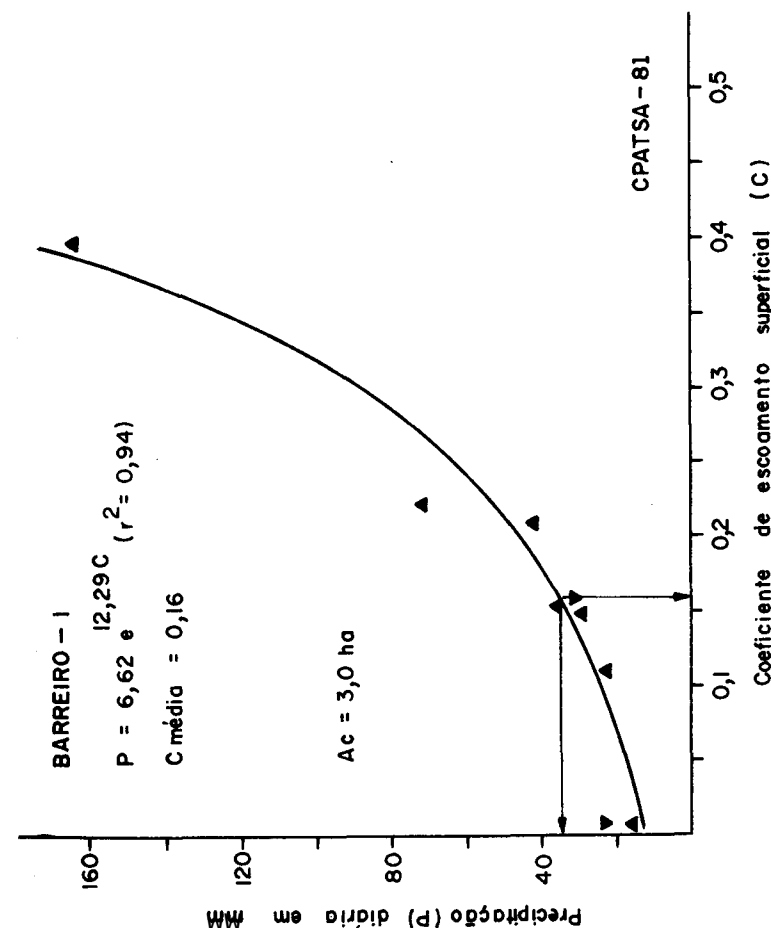


FIG. 8. Coeficiente de escoamento superficial (C) em função de diferentes precipitações diárias em área de captação (Ac) coberta com vegetação nativa (caatinga) de dois anos e com drenos coletores.

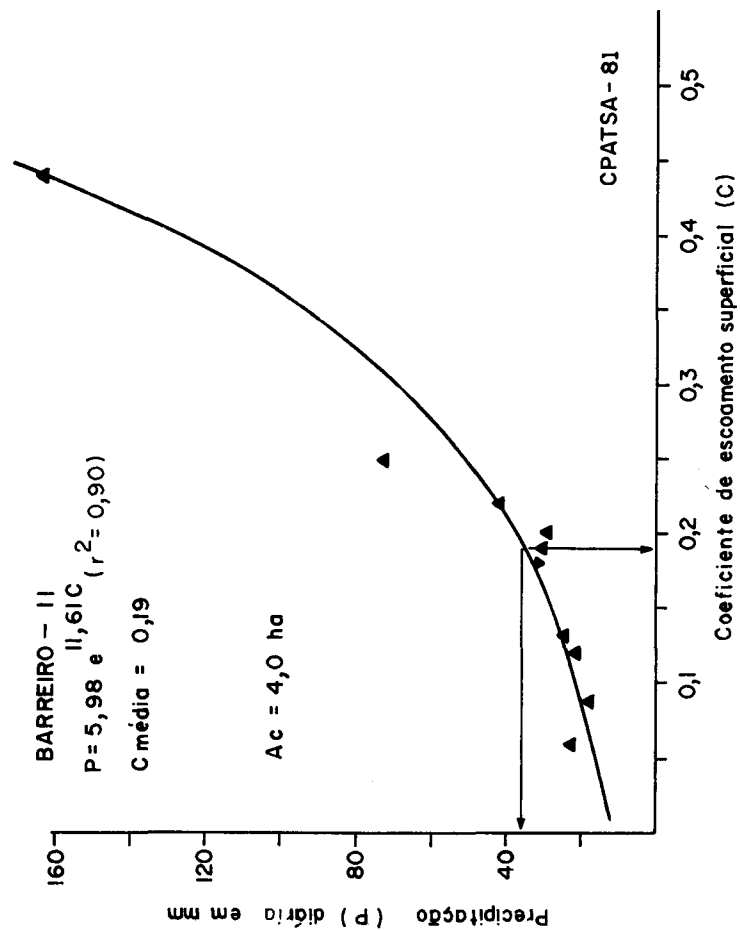


FIG. 9 Coeficiente de escoamento superficial (C) em função de diferentes precipitações diárias em área de captação (Ac) coberta com vegetação nativa (coatinga) de dois anos e com drenos coletores.

TABELA 2. Valores do Coeficiente de escoamento superficial (C), de acordo com as características do terreno da Área de captação (Ac), estimados para o TSA.

Fatores	Características do terreno que afetam C	C
Relevo	Plano; com declividade média de 0 e 5%.	0,10
	Ondulado; com declividade média de 5 a 30%.....	0,25
Infiltração do solo	Elevada; textura do solo franco-arenosa, solos permeáveis.....	0,05
	Normal; textura do solo média.....	0,10
	Lenta; textura do solo argilosa, solos com capacidade de infiltração baixa...	0,15
	Solos com capacidade de infiltração desprezível.....	0,20
Cobertura Vegetal	Excelente; aproximadamente 90% da área coberta com pastagens e arbustos ou outra cobertura semelhante.....	0,05
	Boa; com 50% da área coberta de pastagens ou culturas alimentares, no limpo.....	0,10
	Regular; vegetação nativa escassa, raleada, com apenas 10% da Ac sob boa cobertura natural ou artificial.....	0,15
	Baixa; solo desnudo, cobertura nativa bem escassa ou rala.....	0,20

tam os coeficientes de escoamento superficial, de acordo com as características da Ac, adaptadas do Serviço de Conservação de Solos dos Estados Unidos, citados por Harris & Verwey (1975), obtidos experimentalmente no CPATSA-EMBRAPA, e complementados pelos autores citados no Manual de Conservação do Solo e Água do México, Anaya et al. (1977). O Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (CCA da UFPb), a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), a Empresa de Pesquisa Agropecuária da Bahia (EPABA) e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) vêm desenvolvendo estudos sobre o assunto.

Face à dificuldade de analisar-se cada fator da Tabela 2, isoladamente, e de optar-se por um coeficiente que represente melhor a síntese de suas variações, pode-se usar uma das alternativas seguintes:

Características do terreno que afetam C

Solos planos, de textura franco-arenosa, com declividade de 0 a 5%, cobertos de pastagens com drenos coletores artificiais distribuídos na Área de captação (Ac)	C
	0,15

Solos planos, de textura franco-arenosa, com declividade de 0 a 5%, explorados com culturas alimentares em sulcos e camalhões e com drenos coletores artificiais na Área de captação (Ac)	C
	0,20

Com base nas considerações anteriores, observa-se que as Perdas Totais de Água (PTA) nos barreiros, durante o ciclo de cultivo, e os Coeficientes de escoamento superficial (C) das Áreas de captação do sistema SAES-CV, a serem selecionadas, são os principais fatores que influenciam no dimensionamento do sistema. A observação correta destes fatores é preponderante para o sucesso da tecnologia a nível de produtores rurais, onde o recurso água for escasso.

Manejo de solo e água no sistema SAES-CV

As irrigações de salvação, através de pequenas lâminas de água, geralmente ao redor de 30 mm, são aplicadas durante o período chuvoso, após a ocorrência de déficits hídricos nas culturas. Em seguida, exemplifica-se a metodologia utilizada para se aplicarem as irrigações de salvação, em três casos específicos, para o caupi e milho solteiros, e milho x caupi consorciados, conforme se verifica nas Tabelas 3, 4 e 5.

Custos e benefícios do sistema SAES-CV

Os custos de implantação do sistema SAES-CV, beneficiando uma área agrícola de 5 ha, com práticas conservacionistas de solo, aplicação de água e fertilizantes, foram de Cr\$ 287.644,88 (US\$ 2,130.70), como se observa na Tabela 6, a preços de fevereiro de 1982.

A viabilidade econômica do SAES-CV é apresentada na Tabela 7. Nesta, demonstra-se que, por meio de um investimento inicial de Cr\$ 287.685,00 (US\$ 2,131.00), para instalação do sistema, cultivando-se milho x caupi, com uma produtividade média de 840 kg/ha de milho e 540 kg/ha de caupi, a partir do quarto ano, o sistema SAES-CV se estabiliza com uma receita líquida disponível para o produtor de Cr\$ 53.859,27 (US\$ 398.96) por hectare.

Modificações no sistema SAES-CV

Na atualidade, os reservatórios (barreiros) dos sistemas SAES-CV, instalados no Trópico Semi-Árido brasileiro (TSA), apresentam, em média, uma área coberta pelas águas (bacia hidráulica) de 2.025 m². Tem-se observado que uma precipitação pluviométrica diária inferior a 30 mm, praticamente não produz escoamento superficial nas Áreas de captação (Ac), para possibilitar irrigações de salvação, devido à insuficiência de carga hidráulica nesses barreiros, provocada pelo tamanho da bacia hidráulica.

Segundo estudos realizados por Cluff (1979), o princípio de redução da área superficial dos reservatórios e

Exemplo 1:

Técnica : Irrigação de Salvação

Local : Caicó-RN

Período : época das chuvas

Cultura : Caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp)

Necessidade de água:

. fevereiro - 28 dias; ETP = 155 mm⁴ : ETP/dia = 5,5 mm

. março - 31 dias; ETP = 139 mm : ETP/dia = 4,5 mm

. abril - 30 dias; ETP = 122 mm : ETP/dia = 4,1 mm

Época de plantio:

. início de fevereiro

Irrigação

superficial, usando-se sulcos e camalhões espaçados de 1,5 m

Área total com cultura irrigada:

. 1,0 ha

Área líquida a ser irrigada:

. número de sulcos = 100 m/1,5 m $\approx$ 67 sulcos. área molhada/sulco = 100 m x 0,60 m = 60 m². área líquida irrigada = 67 x 60 m² $\approx$ 0,40 ha

TABELA 3. Lâminas e Volumes de água a serem aplicados por hectare, durante o ciclo de cultivo do caupi.

Nº de Dias após o Plantio	Nº de Dias de cada fase	Kc	ETP/Dia (mm)	L (mm)	Nº de Irrigações ^a (1)	L/l (mm)	V/ha (m ³)	Vol. Líquido Aplicado/ha (m ³)
0 - 15	15	0,5	5,5	41,3	1	40	400	160 ¹
16 - 25	10	0,5	5,5	27,5	1	30	300	120
26 - 55	30	0,8	4,5	108,0	3	40	1200	480
56 - 70	15	0,6	4,1	36,9	1	35	350	140
71 - 80	10	0,3	4,1	12,3	1	15	150	60

^a"Isto porque irriga-se em um dia, esperando-se que chova no outro dia".

Obs.: Caso não ocorra nenhuma chuva, após o plantio, e o barreiro esteja em sua capacidade máxima de armazenamento.

⁴ Hargreaves, 1974

Exemplo 2:

Técnica : Irrigação de Salvação

Local : Caicó-RN

Período : época da chuva

Cultura : Milho (*Zea mays* L.)

Necessidade de água:

. fevereiro - 28 dias; ETP = 155 mm⁵ : ETP/dia = 5,5 mm

. março - 31 dias; ETP = 139 mm : ETP/dia = 4,5 mm

. abril - 30 dias; ETP = 122 mm : ETP/dia = 4,1 mm

. maio - 31 dias; ETP = 116 mm : ETP/dia = 3,7 mm

Época de plantio:

. início de fevereiro

Irrigação:

. superficial, usando-se sulcos e camalhões, espaçados de 1,5 m

Área total com a cultura irrigada:

. 1,0 ha

Área líquida a ser irrigada:

. número de sulcos = 100 m/1,5 m $\approx$ 67 sulcos. área molhada/sulco = 100 m x 0,60 = 60 m². área líquida irrigada = 67 x 60 m² = 0,40 ha

TABELA 4. Lâminas e volumes de água a serem aplicados por hectare, durante o ciclo de cultivo do milho.

Nº de Dias após o Plantio	Nº de Dias de cada fase	Kc	ETP/dia (mm)	L (mm)	Nº de Irrigações ^a (1)	L/l (mm)	Total l (L/l) (mm)	V/ha (m ³)	Vol. Líquido aplicado/ha (m ³)
0 - 15	15	0,5	5,5	41	2	25	50	500	200
16 - 40	25	0,6	5,0	75	3	25	75	750	300
41 - 80	40	0,8	4,5	144	5	30	150	1500	600
81 - 95	15	0,6	4,1	37	1	40	40	400	160
96 - 105	10	0,3	3,7	11	1	15	15	150	60
				308	12		330	3300	1320

^a"Irriga-se em um dia, esperando-se que chova no outro dia".

Obs.: Caso não ocorra nenhuma chuva, após o plantio, e o barreiro esteja em sua capacidade máxima de armazenamento.

⁵ Hargreaves, 1974

Exemplo 3:

Técnica : Irrigação de Salvação

Local : Caicó-RN

Período : época de chuvas

Cultura : Milho x caupi - 1:2 (1/3 de milho e 2/3 de caupi)

Necessidade de água:

- . fevereiro - 28 dias; ETP/dia = 5,5 mm
- . março - 31 dias; ETP/dia = 4,5 mm
- . abril - 30 dias; ETP/dia = 4,1 mm
- . maio - 31 dias; ETP/dia = 3,7 mm

Época de plantio:

- . início de fevereiro

Irrigação:

- . superficial, usando-se sulcos e camalhões, espaçados de 1,5m

Área total da cultura consorciada:

- . 1,0 ha

Área líquida irrigada com cada cultura do consórcio:

- . caupi: 67 sulcos x 2/3 = 45 sulcos de caupi
- . milho: 67 sulcos x 1/3 = 22 sulcos de milho
- . área molhada/sulco = 100 m x 0,60 = 60 m²
- . caupi: área líquida irrigada = 0,27 ha
- . milho: área líquida irrigada = 0,132 ha
- . Total = 0,40 ha

TABELA 5. Lâminas e volumes de água a serem aplicados por hectare, durante o ciclo de cultivo do caupi x milho

Cultura	Nº de Dias após o Plantio	Vol. Líquido aplicado ^a (m ³)	Nº de Irrigações	Cultura	Nº de Dias após o plantio	Vol. Líquido aplicado (m ³)	Nº de Irrigações
	0 - 15	107	1		0 - 15	66	2
	16 - 25	81	1		16 - 40	99	3
Caupi	26 - 55	322	3	Milho	41 - 80	197	5
	56 - 70	94	1		81 - 95	53	1
	71 - 80	40	1		96 - 105	20	1
Sub Total		644	7			435	12
T o t a l		= 644 + 435 = 1079 m ³ /ha					

^aVolume líquido a ser aplicado na área líquida de caupi e milho = Volume Líquido total x Nº de sulcos c/ caupi ÷ Nº total de sulcos.

Obs.: Caso não ocorra nenhuma chuva após o plantio, e o barreiro esteja em sua capacidade máxima de armazenamento.

TABELA 6. Custo de implantação do SAES-CV (5 ha), em área de Vegetação Nativa. Fevereiro - 1982.

Descrição	Unida- de	Quantidade	Valor	
			Cr\$	U.S.\$a
. Desmatamento e destocamento de 3 ha	H/T ^b	15	41.958,00	310,80
. Aração e gradagem da Ap, 2 ha	H/t ^c	12	17.640,00	130,67
. Abertura e fechamento das 1 ^a e 2 ^a valetas (Vol.=135m ³) com trator de esteira	H/T	2	5.594,40	41,44
. Escavação do Barreiro, Volume = 2.035 m ³ , e movimento de terra para a construção da parede do barreiro de 2.645 m ³	H/T	65	181.818,00	1.346,80
. Tubo condutor de água de PVC rígido de 4" de Ø.	m	18	14.400,00	106,67
. Instalação do tubo condutor	H/D ^d	5	2.000,00	14,81
. Registro	-	-	15.000,00	111,11
. Construção dos diques laterais e drenos coletores	H/T	2	5.594,48	41,44
. Outros	-	-	3.640,00	26,96
T o t a l			287.644,88	2.130,70

^a 1 dólar = Cr\$ 135,00

^b H/T = Hora/Trator esteria = Cr\$ 2.797,20 (CISAGRO/PE)

^c H/t = Hora/trator de pneu = Cr\$ 1.470,00 (Particular, PE)

^d H/D = Homem/dia = Cr\$ 420,00 (Diária/Petrolina, PE)

TABELA 7. Sistema SAES-CV - Balanço custos x receitas. Demonstrativo de amortização do investimento.

U.S.\$ de fevereiro-82^a

Ano	Investi- mento Inicial	Saldo Devedor	Custos Variáveis			Produção Total (Zha)		Receitas			Distribuição da Receita			Disponi- bilidade Financeira
			Juros do devedor	Custo Agrícola	Total	Milho (kg)	Caupi (kg)	Caupi (Cr\$)	Total (Cr\$)	Pagamen- to dos Juros	Custo Agrícola	Amorti- zação do Investi- mento	Produ- tor	
01	2,131.00	2,131.00	107,00 ^a	1,070.00	1,176.00	1.680	1.080	523,00	1,344.00	1,867.00	107,00	1,070.00	690,00	-
02	-	1,441.00	72,00	1,070.00	1,142.00	1.680	1.080	523,00	1,344.00	1,867.00	72,00	1,070.00	725,00	-
03	-	716.00	36,00	1,070.00	1,106.00	1.680	1.080	523,00	1,344.00	1,867.00	36,00	1,070.00	716,00	45,00
04	-	-	-	1,070.00	68,770.46	1.680	1.080	523,00	1,344.00	1,867.00	-	1,070.00	-	797,00

^a 1 dólar = Cr\$ 135,00.

controle da evaporação podem ser utilizados para resolver, em 50% o problema citado anteriormente. Com base nesses estudos, a equipe de Manejo de Solo e Água para regiões áridas e semi-áridas, do CPATSA, introduzirá modificações nos barreiros do sistema SAES-CV, visando reduzir as Perdas Totais de Água (PTA) e aumentar a eficiência de utilização da água armazenada, em aproximadamente 50%, sem custos adicionais para a tecnologia, conforme se pode observar na Figura 10.

Comparando-se a Figura 10 com a 5, observa-se que as principais modificações realizadas são:

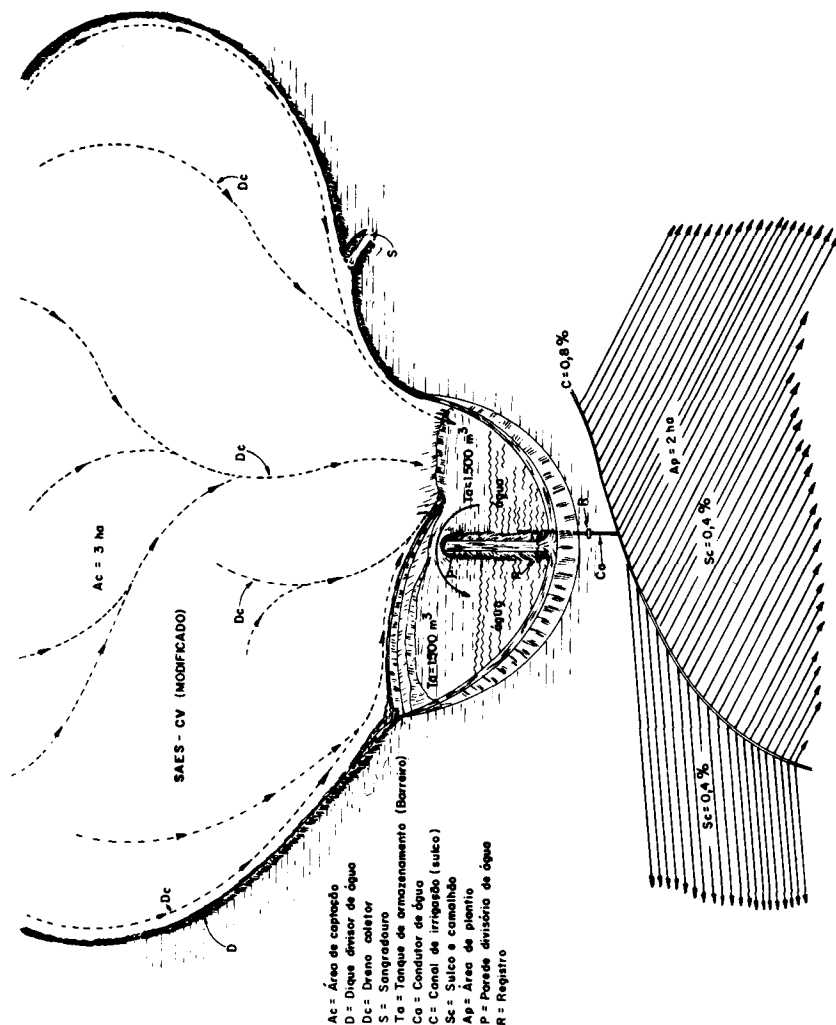
1. introdução de uma parede divisória, que divide o barreiro do sistema SAES-CV em dois compartimentos iguais;
2. construção dos diques divisores de água, com acesso apenas a um compartimento;
3. instalação do tubo condutor de água, com acesso à utilização de água armazenada nos dois compartimen-
tos.

SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PROVENIENTE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL PARA CONSUMO ANIMAL (SAES-CA)

No Nordeste Semi-Árido, os produtores rurais normalmente constroem barreiros para uso de água pelos animais. Em 1981, o Serviço de Extensão Rural instalou mais de 10.000 unidades no TSA, sendo 99% destas para o Consumo Animal (SAES-CA), e 1% para o Consumo Vegetal (SAES-CV).

Face à frequente escassez de água também para o consumo animal, no TSA, o CPATSA contempla, em sua programação, estudos voltados para a solução deste problema. Concretamente, cita-se que grande parte dos estudos desenvolvidos para os sistemas SAES-CH e SAES-CV, é válida para se atingir o objetivo proposto.

Os modelos A, B e C das cisternas rurais, apresentados nas Figuras 2 e 3, podem ser dimensionados para um grupo de animais, satisfazendo, plenamente, as necessidades de



FIGIO Modelo esquemático do sistema de aproveitamento do escoamento superficial para o consumo vegetal (SAES-CV), modificado com barreiras divididas para uso "in situ" de sementes (CPATSA - 82).

água de uma pequena propriedade rural, eliminando-se o sistema de filtragem, que irá baratear ainda mais os modelos citados, e aumentando a capacidade dos reservatórios em função do número de animais. O mesmo ocorre eliminando-se a Área de plantio (Ap) do sistema SAES-CV.

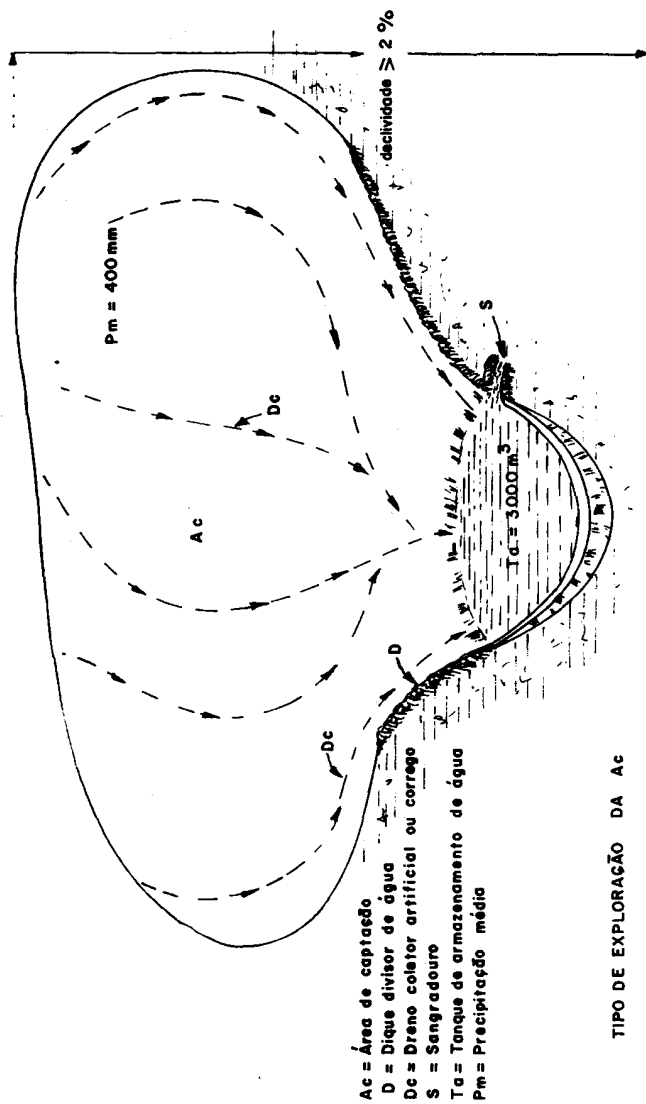
Na Figura 11, apresenta-se um modelo esquemático do sistema SAES-CA para uso dos animais, como também alguns tipos de exploração que poderia haver na Área de captação (Ac). Sugere-se que as mesmas modificações, apresentadas para o sistema SAES-CV, sejam introduzidas no SAES-CA. Vale salientar que estes barreiros são construídos com uma profundidade maior do que os do sistema SAES-CV, podendo conservar a água armazenada durante todo o ano.

No Anexo 3, o sistema SAES-CA está dimensionado para diferentes condições climáticas, considerando o Volume bruto (Vb) a ser armazenado, a Precipitação média da região (Pm) e diferentes valores do Coeficiente de escoamento superficial (C).

SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA "in situ"

Várias modificações nas superfícies dos solos agrícolas têm sido estudadas, Zing & Hauser (1959), objetivando aumentar a eficiência de uso das precipitações disponíveis nas regiões áridas, Evenari et al. (1963), Myers (1967) e Sharma & Kampen (1977). Essas tecnologias visam, principalmente, o armazenamento da água de chuva em reservatórios individuais e/ou através do armazenamento direto no perfil do solo, Bertoni (1973) e Anaya (1977), para ser usada oportunamente nos cultivos. A chuva foi preconizada por Duque (1973). Em consideração a esse autor, o Instituto Nacional de Fomento Agrícola às Oleaginosas (INFAOL) tem denominado esta técnica "Método de Guimarães Duque".

O sistema de captação de água de chuva "in situ" consiste na modificação da superfície do solo, de maneira que o terreno entre as fileiras de cultivo sirva de área de captação. Esta área apresenta uma inclinação que intensificará a produção de escoamento, ao mesmo tempo em que o conduz para a porção de solo explorada pelo sistema radicular da cultura. A Figura 12 apresenta um esquema do sistema



- Coatinga raleada, Ac = 10,7 ha
- Cultivada com plantio em covas, A = 10,7 ha
- Capim buffet + Algaroba, Ac = 5,0 ha
- Cultivada em sulcos e camalhões, Ac = 3,8 ha
- Solo desnudado raspado, Ac = 1,8 ha

FIG. 11 Modelo esquemático do sistema de aproveitamento do escoamento superficial (SAES) em "barreiros" para uso dos animais.

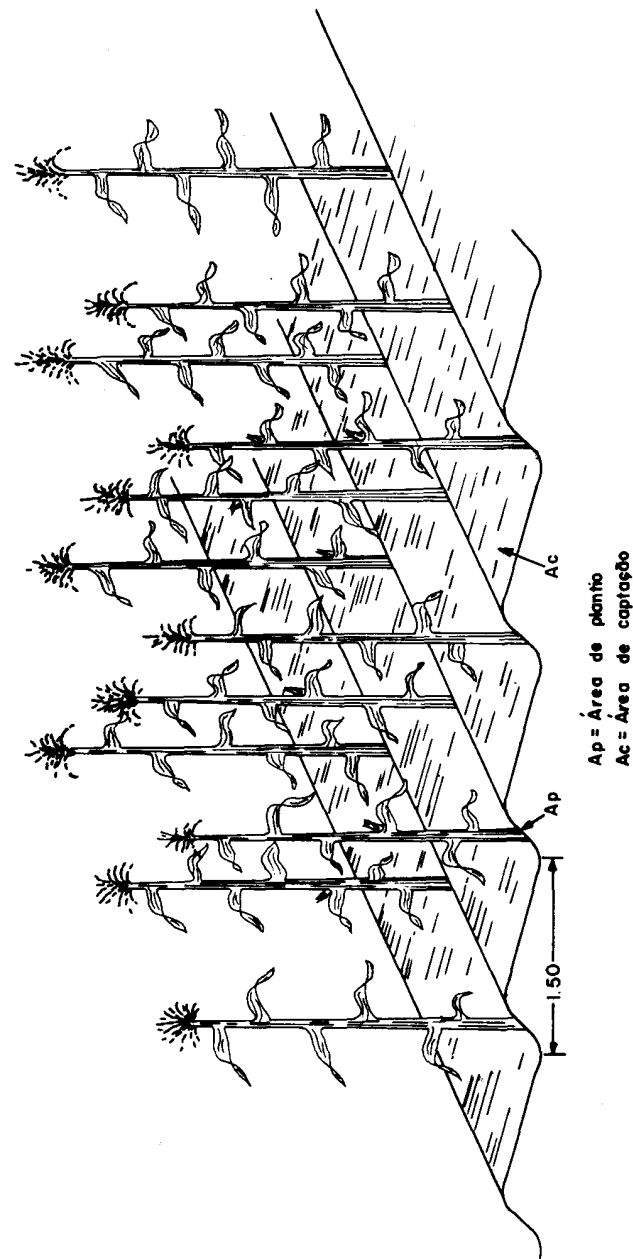


FIG. 12 - Esquema do sistema de captação de água de chuva "in situ."

tema.

O CPATSA vem avaliando técnica e economicamente as seguintes técnicas de captação de água de chuva "in situ":

Tc_1 = sulcos e camalhões (ICRISAT-INDIA)

Tc_2 = sulcos modificados (CP-MÉXICO)

Tc_3 = sulcos modificados (Guimarães Duque-Brasil)

A capacidade de retenção de umidade do solo é fator extremamente importante para o sucesso desta tecnologia, pois de nada vale produzir-se um excedente de água, se este não é absorvido pelo solo. Portanto, textura, estrutura e porosidade do solo e profundidade alcançada pelo sistema radicular são características indispensáveis no planejamento deste sistema.

Por outro lado, a adição de alguns produtos, na área explorada pelo sistema radicular, tais como: adubo verde, esterco, resíduos de culturas, compostos e vermiculita, pode ser feita com a finalidade de melhorar a capacidade de retenção de umidade do solo.

O CPATSA desenvolveu um equipamento simples, de tração animal, destinado ao preparo de solo para a captação de água de chuva "in situ". Convém salientar que estes sulcos e camalhões modificados são feitos em curvas de nível com o mínimo possível de declividade.

Shanan et al. (1979) e Evenari et al. (1974) apontam a captação "in situ" como o mais viável dos sistemas de aproveitamento do escoamento superficial, pelas seguintes razões:

1. a produção do escoamento superficial por unidade de área é inversamente proporcional ao tamanho da área. Nas condições do deserto de Negev, a captação "in situ" pode produzir de 10 a 30 vezes mais escoamento por unidade de área do que bacias hidrográficas de vários hectares;
2. não requer intensivo planejamento de engenharia e sua construção não necessita de equipamentos pesados.

Anaya et al. (1976) desenvolveram uma fórmula para o cálculo do espaçamento entre fileiras para a captação de água de chuva "in situ":

$$Ac = Es + \frac{1}{C} \left(\frac{Uc - P}{P} \times Es \right), \text{ onde:}$$

Ac = espaçamento entre fileiras para a captação

Es = espaçamento tradicionalmente utilizado pelo produtor

C = Coeficiente de escoamento

Uc = Uso consuntivo da cultura, durante o ciclo (mm)

P = Precipitação durante o ciclo da cultura, a 50% de probabilidade (mm)

Sistema SAES-CV com captação de água de chuva "in situ"

A captação de água "in situ" em muito pode contribuir para a diminuição do número de irrigações de salvação, a ser dado com o sistema SAES, visto haver uma maior disponibilidade de água para as plantas. A Área de plantio (A_p) do sistema SAES é preparada em sulcos e camalhões, através do Multicultor CPATSA. Os camalhões têm superfície plana de 1,20 m de largura, e são limitados, lateralmente, por sulcos de 0,20 m de profundidade e 0,30 m de largura, sendo o espaçamento entre sulcos de 1,50 m, cuja finalidade é a aplicação de água aos cultivos alimentares, durante as irrigações de salvação, Aragão (1980). O arranjo dos consórcios, segundo Santos et al. (1981), deve ser de forma que as mesmas culturas sejam colocadas nas bordas do mesmo sulco, conforme Figura 13. O sistema de sulcos modificados para a captação de água de chuva "in situ" consiste de sulcos, igualmente espaçados, sendo que entre sulcos consecutivos existem dois planos inclinados, onde o primeiro é formado pela borda do próprio sulco

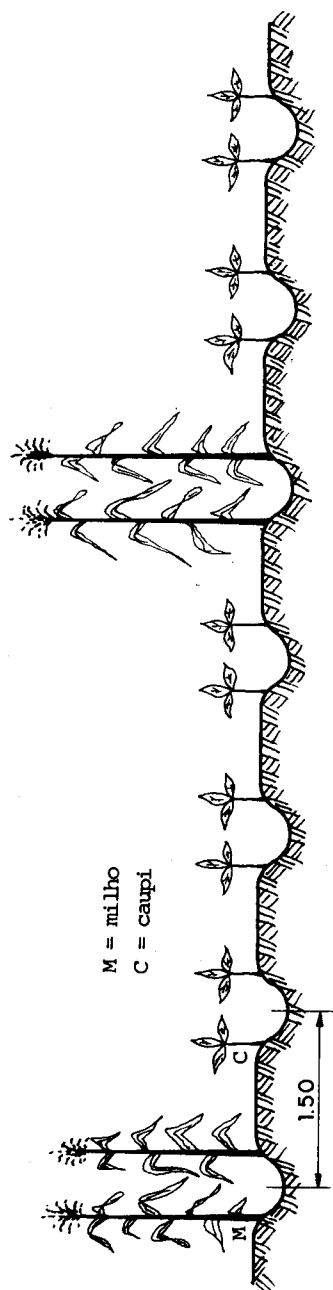


FIG.13 Modelo esquemático do plantio usado no SAES -CV para economizar água.

co, com uma altura de 0,20 a 0,30 m, e o segundo, que é mais extenso, une a parte mais alta do primeiro plano ao fundo do segundo sulco. Neste sistema, têm-se elementos básicos, a saber: o plano mais extenso, que serve de área de captação, o plano menor, que serve de área de plantio, enquanto os sulcos propriamente ditos servem como área de armazenamento. Por conseguinte, neste sistema, como só há possibilidade para colocação de apenas uma fileira de plantas para cada sulco, a densidade de plantio deve ser modificada, e/ou a área de plantio aumentada, visto haver uma maior disponibilidade de água para irrigar.

A associação do sistema SAES-CV com a captação "in situ" é extremamente importante para regiões de baixa precipitação.

SISTEMA DE EXPLORAÇÃO AGRÍCOLA DE VAZANTES DE AÇUDES

A existência de mais de 70.000 açudes distribuídos no Nordeste (públicos e privados), armazenando 20 bilhões de m³, Rebouças & Marinho (1972), permite a sobrevivência de 3 milhões de pessoas, mesmo nos anos de seca intensa, Guerra (1975), através da exploração de suas vazantes.

A agricultura de vazantes é uma prática típica do Nordeste Semi-Árido, cujo potencial agrícola é ainda subexplorado, Guerra (1975) e Barbosa et al. (1980). Esta técnica consiste na utilização dos solos potencialmente agricultáveis dos açudes, rios e lagos que foram cobertos pelas águas na época chuvosa, Duque (1973) e Guerra (1975).

As vazantes são exploradas, principalmente, por pequenos produtores, sendo as espécies mais cultivadas o arroz, o caupi, a batata-doce e o milho, Brasil.MINTER (1973), Duque (1973), Guerra (1975) e Holanda et al. (1981).

A exploração das vazantes dos açudes, lagos e rios, incluindo o lago de Sobradinho e o programa de perenização dos rios, permite irrigar, aproximadamente, 1.000.000 ha, através de irrigações de salvação, sem, contudo, comprometer as necessidades de água das propriedades agrícolas.

A exploração de vazantes, como realizada tradicionalmente, apresenta sérias limitações, devido a um inadequado manejo de solo e água. No que tange ao manejo de solo,

o plantio das culturas é feito em covas abertas diretamente no solo, quando o teor de umidade está próximo da saturação. A utilização de um manejo de água racional e o uso do método de plantio em sulcos e camalhões propiciam uma disponibilidade de umidade de solo mais uniforme, durante todo o ciclo da cultura, permitindo o emprego de irrigações de salvação, Silva & Porto (1980) e EMBRAPA (1981).

Técnica desenvolvida pelo CPATSA, para o traçado de Sulcos e camalhões (Sc) em nível, para a exploração de vazantes

A técnica para a confecção dos Sulcos e camalhões (Sc) consiste em marcar a linha de água, que limita a área seca com a bacia hidráulica, com piquetes espaçados de 10 m, aproximadamente. A linha de piquetes estará em curva de nível, depois que a água armazenada diminuir. Os Sc são abertos, seguindo a linha de piquetes, à enxada ou à tração animal. O primeiro sulco servirá de linha básica para o traçado dos demais, Silva et al. (1980).

Para uma bacia hidráulica de declividade de 2 a 3%, recomenda-se que o número de Sc de 1,50 m não ultrapasse a cinco. O número de Sc ideal é determinado nos anos subseqüentes. O momento de confecção de novos sulcos de referência somente deverá ocorrer quando a lâmina de água armazenada baixar o suficiente, para que sejam traçados cinco novos sulcos em contorno. Os Sc permitirão, também, a aplicação de irrigações de salvação, quando da época de déficit de umidade no solo, através do método de irrigação por mangueira ou tubos de PVC (Figura 14).

Perdas Totais de Água no açude (PTA)

Na Figura 15, apresentam-se as Perdas de Água Acumulada (PAA) no açude e tanque classe A, durante o período de exploração de vazante, cujas equações estimadas são:

$$PAA = - 35,487 + 9,980x, r^2 = 0,991$$

$$TCA = - 26,089 + 9,222x, r^2 = 0,998$$

respectivamente. Na equação, o "x" corresponde ao número de

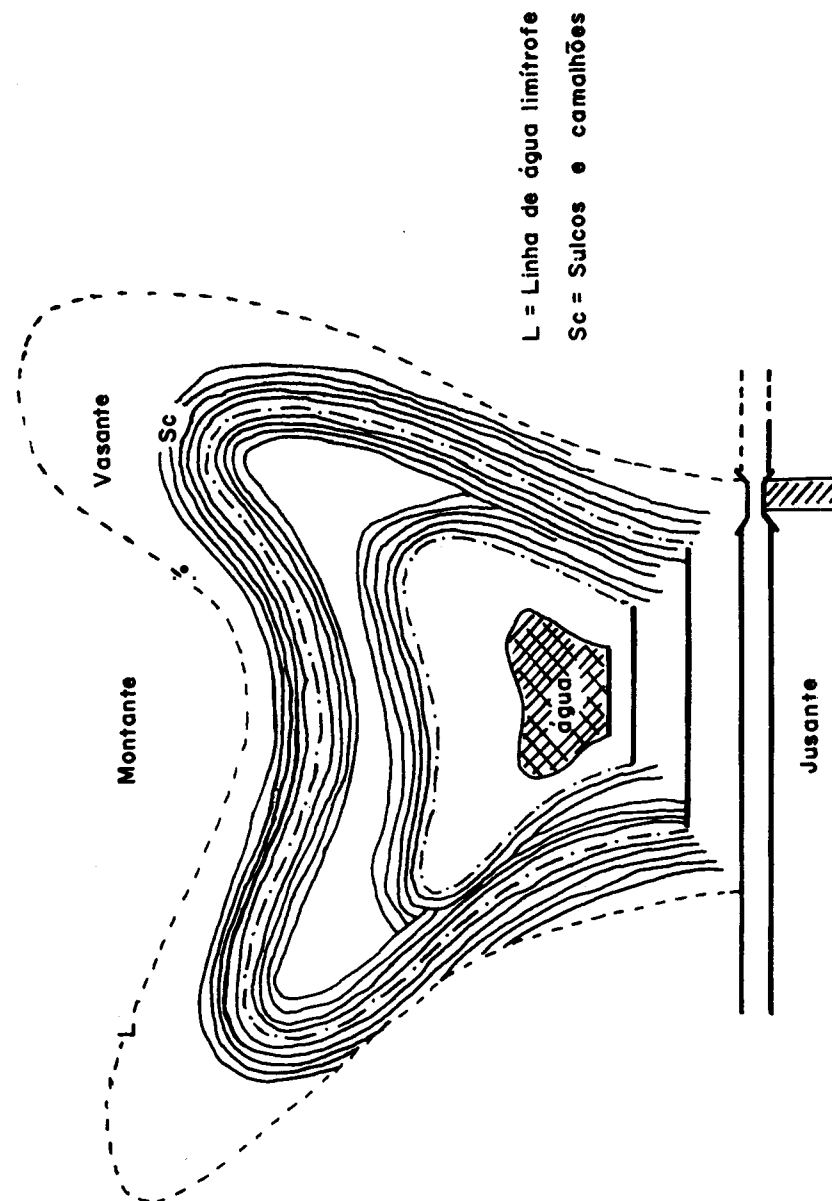


FIG. 14. Modelo esquemático do sistema de vazantes de açudes

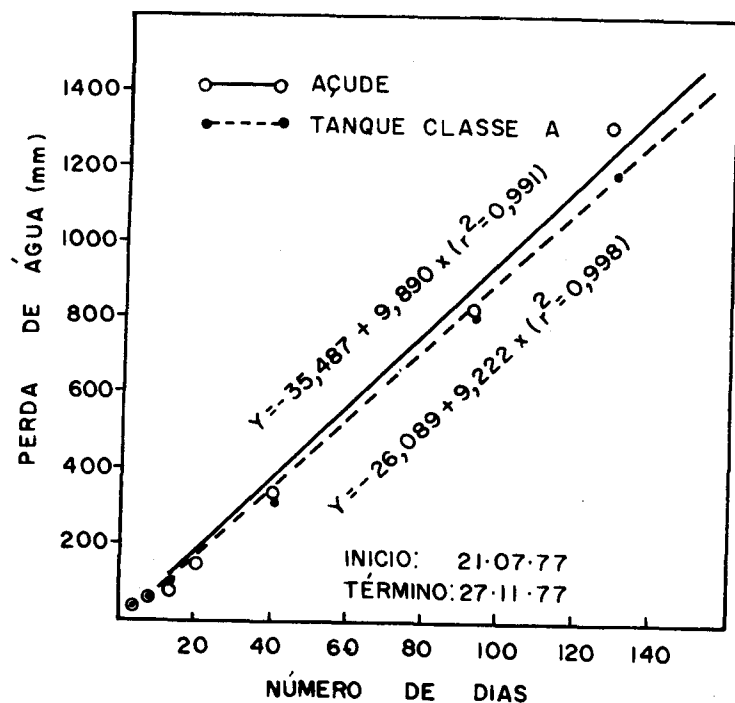


FIG.15. Perdas de água acumulada no açude e Tanque "Classe A", durante o período de exploração da vazante.

dias.

Os resultados encontrados na Figura 15 permitem estimar que, para um período de 129 dias, as PTA correspondem a 288 mm/mês, sendo condizentes com os descritos por Guerra (1975). Segundo o autor, os açudes do Nordeste perdem 200 mm/mês, de julho a dezembro, somente devido à evaporação.

Com base nestes dados, numa bacia hidráulica de 10 ha, com profundidade máxima de 5 m e declividade inferior a 3%, as PTA durante um período de 84 dias podem atingir 20.000 m³, descobrindo, aproximadamente, 6 ha de solos agricultáveis, Silva et al. (1981).

Considerando a análise anterior é preferível transformar as PTA dos açudes em alimento para o consumo humano e animal, através de irrigações de salvação, usando a técnica de sulcos e camalhões em nível, desde que não comprometa as atividades da propriedade rural, relativas à oferta de água para a família e os animais. É preferível esta decisão a tentar reduzir as PTA com evaporação, pois a tecnologia existente ainda é inviável economicamente.

Por outro lado, como a umidade do solo nas vazantes permanece favorável para a cultura depois de alguns dias de germinação, por um período de mais de 30 dias, com apenas duas ou quatro irrigações de salvação, durante todo o ciclo de cultivo, é possível obter-se um incremento relativo de produção, em relação à tecnologia tradicional, da ordem de 157%, Silva et al. (1981).

Incremento na produção e no valor bruto da produção

Realizando-se uma análise do incremento na produção e no valor bruto da produção, com o uso da tecnologia desenvolvida pelo CPATSA, para a agricultura de vazante, e considerando-se que os produtores que se beneficiarão com essa técnica cultivam, em média, 1 ha de milho e 1 ha de camupí, observa-se que estes teriam um incremento substancial em suas rendas brutas, conforme se verifica na Tabela 8.

A Tabela 8 demonstra que a utilização desta tecnologia possibilitaria um acréscimo de 3,2 vezes na renda bruta do produtor, e que o incremento no valor bruto de sua pro-

TABELA 8.

Incrementos na produção e no valor bruto da produção, que poderiam ser obtidos pelo agricultor, com a utilização do sistema de sulcos e camalhões para exploração de vazantes, em 2 ha plantados com caupi e milho em culturas isoladas, sendo 1 ha com milho e 1 ha com caupi. Fev/1982.

Culturas	Sistema atual			Sistema recomendado			Incrementos obtidos		
	Produção (kg/ha)	Valor bruto da produção		Produção (kg/ha)	Valor bruto da produção		Produção (kg/ha)	Valor bruto da produção	
		Cr\$	U.S.\$ ^a		Cr\$	U.S.\$		Cr\$	U.S.\$
Milho	1.500	37.500,00	277.78	4.000	100.000,00	740.7	2.500	62.500,00	462.96
Feijão	400	40.000,00	296.30	1.500	150.000,00	1.111.1	1.100	110.000,00	814.81
Total	1.900	77.500,00	574.07	5.000	250.000,00	1.851.9	3.600	172.500,00	1.277.77

FONTE: Adaptada de Oliveira & Silva (1981)

a 1 dólar = Cr\$ 135,00.

dução seria praticamente igual ao custo de implantação do sistema, orçado em Cr\$ 180.000,00 (US\$ 1.333.3) representando o pagamento, no primeiro ano, do custeio agrícola, e do investimento feito na aquisição de uma motobomba de 3,5 HP e da tubulação para as irrigações. Devido ao elevado preço atual de uma motobomba, sugere-se, com base no trabalho inédito que a Extensão Rural vem realizando em Caicó-RN, que esse equipamento seja adquirido e usado em sistema comunitário, através de cinco agricultores, reduzindo significativamente os custos operacionais.

Sistemas de produção para agricultura de vazante

Segundo Holanda et al. (1981), a pesquisa ainda não de finiu sistemas de produção para agricultura de vazante. Todavia, nos trabalhos desenvolvidos na região do Seridó Noroeste-riograndense, o consórcio caupi + batata-doce tem apresentado melhores resultados, enquanto que os cultivos de melancia e melão são promissores para a região, como pode-se observar na Tabela 9

MÉTODOS NÃO CONVENCIONAIS DE IRRIGAÇÃO

Irrigação por potes de barro

O método de aplicação de água por meio de unidades porosas, não é invenção recente. Os romanos já o utilizavam há muitos séculos. Na atualidade, pesquisadores de regiões extremamente secas e subdesenvolvidas encontram-se pesquisando antigos métodos de irrigação que primem, sobretudo, pelo baixo custo, alta eficiência de aplicação e pela economicidade no uso da água de irrigação, a fim de que sejam incorporados às extensas áreas ainda não ligadas ao processo produtivo.

As primeiras experiências, feitas por Mondal (1974 e 1978), utilizando o método de irrigação, através de potes de barro, indicaram que plantas de abobrinha (*Cucurbita* sp.) podem, efetivamente, crescer ao redor dos potes, em condições de solos normais, salinos e salino-sódicos, com uma pequena quantidade de água, correspondente a uma lâmina

TABELA 9. Produtividade média do caupi, batata-doce, melão e melancia, em vazantes à montante de açudes na microrregião homogênea Sertão Norte-rio-grandense, em 1978.

C u l t u r a s	Produtividade (kg/ha)			
	Caupi	Batata-doce	Melão	Melancia
Caupi + Batata-doce (consorciados)	1.092	10.482	-	-
Caupi	2.411	-	-	-
Melão	-	-	6.814	-
Melancia	-	-	-	14.084
Batata	-	17.014	-	-

FONTE: EMPARN - Relatório Técnico Anual do PDRI-Algodão Arbóreo - 1978.

na de 1,7 cm/ha/800 potes, durante um período de 70 dias, e que o uso de potes de barro em pequenas áreas é econômico, Mondal (1978).

Testes preliminares com pequenas unidades de barro, com dimensões aproximadas de 15 cm de altura por 8 cm de diâmetro, foram realizados pelo Instituto de Solos do Irã, em 1977, utilizando tanto água normal como salina. Embora tenham alcançado bons resultados, aconselham a necessidade de alguns estudos complementares.

Experiências desenvolvidas no Alto Volta e Senegal demonstraram que pequenas hortas domésticas podem ser cultivadas, fazendo-se uso de potes de barro com capacidade para 15 litros, na base de oito unidades para uma superfície hortícola de 10 m², com um consumo estimativo de cerca de 300 litros de água, durante um período de 100 dias de cultivo.

O método de irrigação por potes de barro, desenvolvido pelo CPATSA-EMBRAPA, Silva et al. (1979), consiste no uso de potes isolados ou interconectados por meio de eletrotubos, para cuja instalação, operação e manutenção do sistema, poderá ser empregada a mão-de-obra da própria família do agricultor, já que se trata de um sistema bastante simples. Os potes usados são de barro cozido, semelhante aos que os produtores usam em casa como reservatório de água para beber.

Descrição do sistema de irrigação por potes de barro, utilizando o princípio de vasos comunicantes (potejamento)

Os elementos básicos componentes do sistema são apresentados nas Figuras 16 e 17, onde:

- (L) corresponde à Linha principal de abastecimento, ligada ao reservatório (tanque, barreiro, açude, etc), compondo-se de potes de barro interligados entre si por uma tubulação de polietileno, de 1/2" de diâmetro e conectada ao reservatório de abastecimento (B) e este ao filtro de areia (A). Os potes desta linha dispõem de um sistema de bóias (P) para manter sempre constante o nível de água.

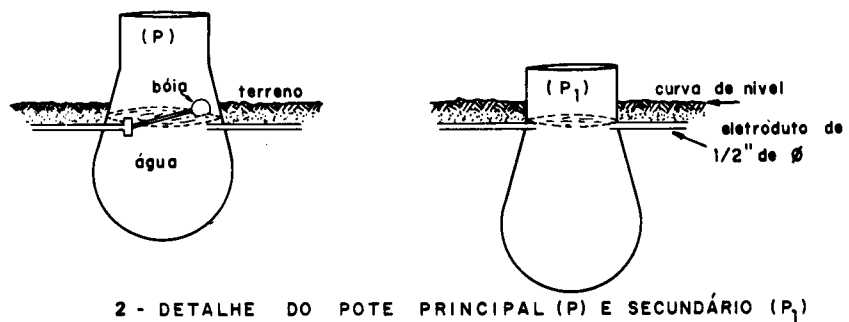


FIGURA 16. Sistema de irrigação por potes de barro

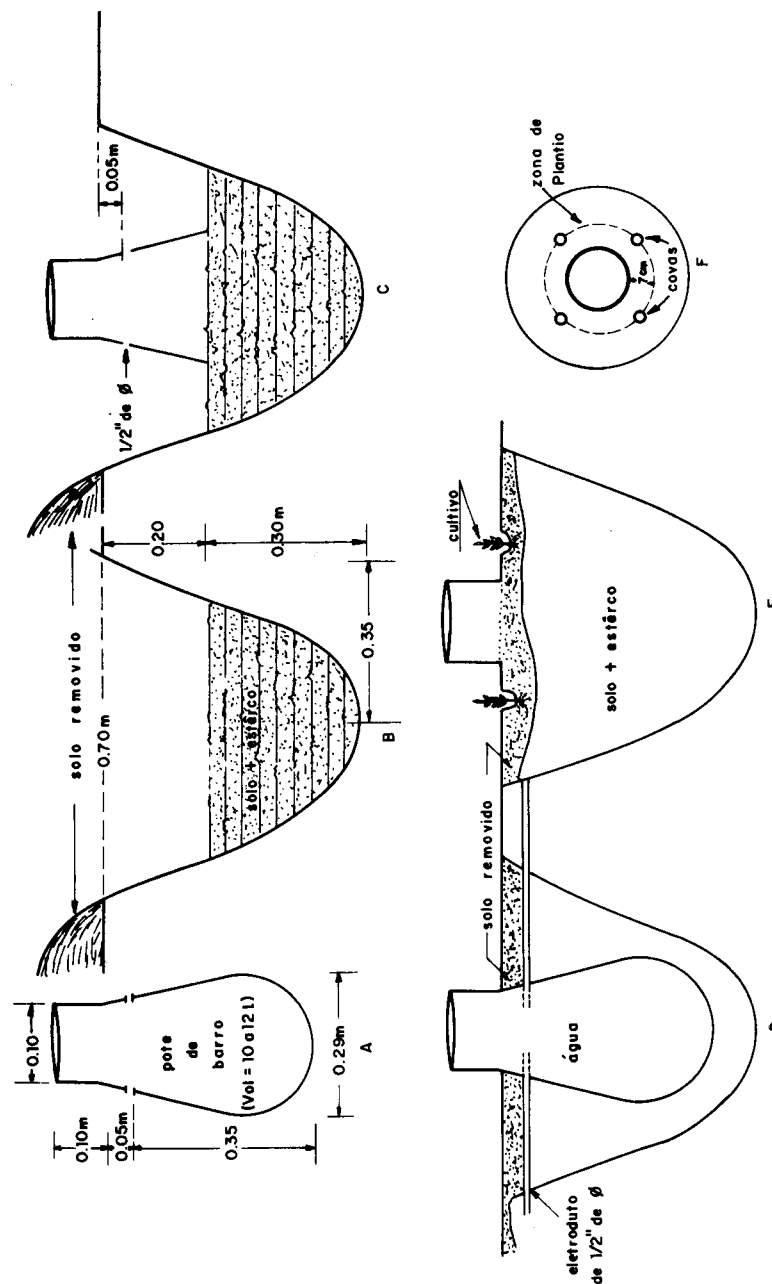


FIGURA 17. Instalação dos potes de barro no sistema.

(L₁) corresponde à linha de potes de abastecimento secundário (P₁), que se une aos potes de carga constante (P) da linha principal (L).

(P) e (P₁) são potes propriamente ditos, de forma cônica, com capacidade de 10 a 12 litros, confeccionados com argila e queimados em fornos caseiros, utilizados pelo artesanato e, por isso, não apresentam uma vazão uniforme. Os potes secundários são instalados em curva de nível (Figuras 16 e 17) e usados para exploração de diferentes culturas.

Instalação do sistema de irrigação por potes de barro

A instalação do sistema de potes é precedida de um preparo de terreno, o mínimo possível, apenas o suficiente para traçar as curvas de nível onde serão locadas as linhas secundárias de abastecimento (L₁). Em seguida, conforme o espaçamento desejado, são locados os pontos correspondentes, onde serão instalados os potes das linhas principal e secundária, utilizando-se, para tal, instrumentos simples, tais como o nível de mangueira, pé-de-galinha, ou o nível da própria água já contida nos potes.

Os locais escavados para a instalação dos potes de barro (Figura 17), necessitam de um preparo adequado do solo, devendo-se, sempre que possível, adicionar esterco de curral, Reis (1978).

Realizadas as escavações, os potes de barro são postos individualmente nos respectivos locais e, em seguida, interconectados por meio de tubulações de polietileno. As conexões dos potes são feitas usando-se cola durepox. Na instalação dos potes, deve-se também abrir um pequeno sulco de 8 cm de profundidade, para que toda a tubulação que os une fique completamente coberta de solo. É importante frisar que o nivelamento final dos potes de cada linha secundária de irrigação é feito de forma gradativa, usando-se como nível a própria água já contida neles.

Na Figura 17, apresenta-se uma forma de utilização do sistema de irrigação por potes de barro, para culturas anuais.

Operação do sistema de irrigação por potes de barro

A distribuição da água de irrigação, através do sistema, é feita de forma automática e contínua, devido à diferença de potencial de água existente entre os potes do referido sistema e o solo em que se encontram. À medida que as plantas retiram água do solo, acarretam uma diferença de potencial de água entre o solo e o pote. Isto faz a água fluir em direção ao solo e suprir adequadamente as necessidades de uso de água pela cultura.

Irrigação por potes de barro (isolados): hortas caseiras

O método de irrigação por potes de barro somente é aconselhável para pequenas áreas de até 1 ha, devido aos potes, geralmente, apresentarem desuniformidade na liberação de água, sendo mais recomendável para uso em pequenas hortas caseiras (10 a 20 potes) e na implantação de pequenos pomares nas comunidades rurais. Por este motivo, descrevem-se, aqui, os passos a serem dados na instalação de uma horta familiar:

1. seleciona-se uma área que apresente solos de textura de média à argilosa, com profundidade superior a 1 m, cuja localização seja próxima a uma fonte de água de boa qualidade (sem argila em suspensão);
2. marca-se um ou dois leirões de 10 x 1 m na área selecionada e abrem-se buracos circulares de 0,80 m de diâmetro a 0,60 m de profundidade, espaçados de 1 m de centro a centro. Isto permitirá que, em cada leirão, sejam instalados dez potes de barro. O solo escavado deverá ficar ao lado do buraco, à exceção da camada de 30 a 60 cm, que deverá ser eliminada;
3. A faixa de terra de 0,40 m, entre um buraco e outro, e a de 0,20 m, periférica aos limites do leirão, também deverão ser escavadas, até uma profundidade de 0,30 m, para que os "bulbos molhados" dos potes de barro superponham-se. O solo escavado também deve ficar ao lado do leirão;

4. o solo escavado deverá ser destorroado, devendo as partículas ficarem inferiores a 1 cm de diâmetro. Em seguida, misturam-se, no mínimo, 50 kg de esterco por leirão;
5. a mistura solo + esterco é posta no fundo do buraco, até uma altura de 0,30 m;
6. o pote de barro poroso, de 0,30 m de diâmetro e 0,50 m de altura, com capacidade para 10 a 12 litros, é colocado no centro do buraco, contanto que 10 cm deste fiquem enterrados;
7. completar os espaços vazios com a mistura de solo + esterco, deixando-se apenas o gargalo do pote acima do solo. No caso de solos argilosos, pesados, uma camada fina de areia poderá ser colocada ao redor do pote de barro;
8. os potes são abastecidos com água limpa. Nunca deverá ser usada água com argila em suspensão ou lodosa;
9. no caso das sementes de hortaliças, estas deverão ser plantadas à semelhança das hortas tradicionais. Neste caso, o leirão de 10 x 1 m serve como sementeira, tendo-se que irrigar duas a três vezes por dia, até que as sementes germinem. Isto levará seis dias, dependendo das condições climáticas;
10. três dias após o abastecimento inicial dos potes, abrem-se seis a oito covas para o plantio definitivo das sementes de hortaliças, a uma distância de 2 a 4 cm da parede do pote. A cova deve ser coberta com solo seco e irrigada todos os dias, e os potes reabastecidos diariamente, até que as sementes ou as mudas transplantadas estejam em condições de sobreviver com a água liberada pelos potes de barro. No caso de plantio direto, procede-se da mesma maneira.

Alguns aspectos que deverão ser considerados na implantação do método

Os potes de barro devem liberar, em média, no mínimo, 3,5 litros de água por dia, embora, inicialmente, estes liberem até 20 litros de água no primeiro dia. O importante é que, no período de máxima demanda da cultura, estes não liberem menos de 3,5 litros diários.

Naquelas regiões, onde os potes de barro não são queimados em fornos fechados, é melhor adicionar areia ao material argiloso, visando aumentar a porosidade do pote.

No caso dos potes adquiridos não liberarem as quantidades requeridas, compensação na liberação de água poderá ser feita através de quatro furos pequenos, igualmente espaçados, em torno de 1,5 mm de diâmetro, de 10 a 15 cm abaixo da superfície do solo.

Quando os potes reduzirem sua capacidade de liberação, ao longo do período de uso, o produtor deverá voltar a queimá-los, para que recuperem a porosidade inicial, ao invés de comprar outros para substituí-los.

A Figura 18 apresenta um modelo esquemático de uma horta com potes de barro, para utilização em escala semicomercial, utilizando-se o método, segundo o princípio de vasos comunicantes (Potejamento).

Considerações técnicas sobre o método

Os estudos sobre o sistema de irrigação por potes foram feitos, inicialmente, utilizando-se potes caseiros, confeccionados por artesãos da região, consistindo na instalação de potes de forma individual e uma posterior avaliação técnica. Além do abastecimento dos potes de maneira individual, optou-se pela utilização inovadora de potes interligados entre si, funcionando conforme o princípio de vasos comunicantes (Potejamento), tal como descrito anteriormente.

Os estudos básicos foram realizados em ambos os sistemas de irrigação por potes (potes isolados e interconectados), sendo os seguintes parâmetros analisados: consumo de água diário por pote, distribuição de umidade no solo,

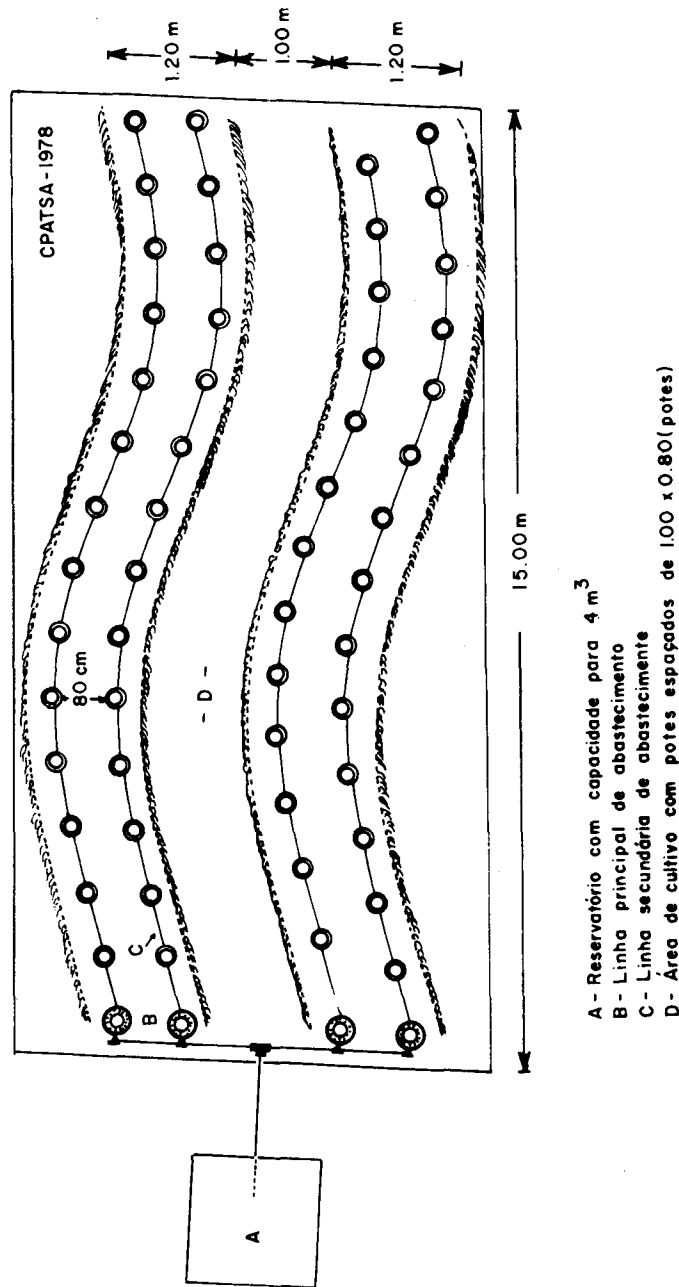


FIG.18. Sistema de irrigação por potes de barro para pequenas hortas

bulbo molhado e produção das culturas (melão, melancia e caupi).

Foram ainda computados dados de umidade relativa, temperatura média, evaporação do tanque classe A e precipitação.

As plantas de melancia, melão e caupi, irrigadas através do sistema de potes, desenvolveram-se satisfatoriamente e atingiram seus períodos de maturação, utilizando a umidade proveniente das peças porosas, a qual se apresentou principalmente em um bulbo molhado de cerca de 0,615 m², ao redor dos potes de barro, como mostra a Figura 19.

A determinação do bulbo molhado foi realizada imediatamente após a primeira colheita das culturas, fazendo-se abertura de perfis em 20 locais específicos, onde encontram-se localizados os potes do sistema. Avaliou-se, em termos médios, a área de umedecimento dos potes, indicando a análise dos dados obtidos que a função estimadora do bulbo molhado apresentava uma equação correspondente a $Y^2 = 2,1x$. Em seguida, estimou-se a área da superfície gerada pela revolução em torno do eixo do (x) do arco da parábola $Y^2 = 2,1x$, de $x = 0$ a $x = 4,8$ cm, correspondente ao bulbo molhado médio dos potes analisados. A fórmula usada é descrita por meio da Equação 1, como segue:

$$S = 2\pi \int_0^{4,8} y \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx$$

$$1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \frac{y^2 + 1,1}{y^2} \therefore$$

$$S = 2\pi \int_0^{4,8} \frac{\sqrt{y^2 + 1,1}}{y} \cdot dx$$

$$S = 2 \int_0^{4,8} \sqrt{2,1x + 1,1} \cdot dx \cdot \cdot$$

$$S = 2\pi \left\{ (2,1x + 1,1)^{3/2} \right\}_0^{4,8} \times 0,317460$$

$S = 61,5339$ unidades de área, donde:

$$S = 0,615 \text{ m}^2$$

onde "S" é a área que corresponde ao bulbo molhado, para o tipo de solo e pote estudados.

A área do bulbo molhado, apresentada na Figura 19, é muito variável, principalmente porque é influenciada pelo tipo de solo, formato do pote de barro, porosidade, dimensões da cova e material orgânico nela adicionado. As interrelações entre estas variáveis são objeto de estudo.

A distribuição de umidade média do solo ao redor dos potes de barro, relativa à profundidade e distância horizontal, em centímetros, desde o eixo vertical dos potes de barro, é apresentada na Figura 20.

Observa-se que, na Figura 20, a quantidade de água no solo, liberada pelas unidades porosas, decresce à medida que se afasta do eixo vertical do pote e que as condições ótimas de umidade para o desenvolvimento das plantas apenas se fazem presentes em uma camada de até 30 cm de espessura, ao redor dos potes.

As observações preliminares sobre a distribuição de umidade, com base no volume, apresentadas na Figura 20,

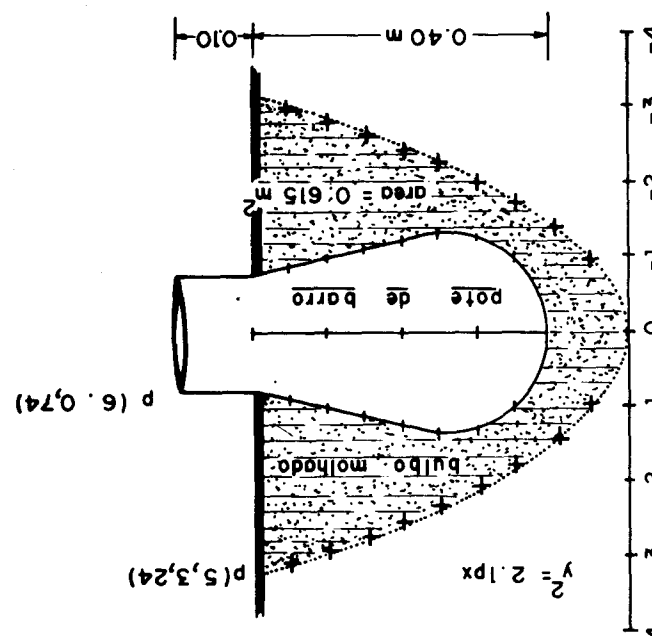


FIGURA 19. Área do bulbo de solo molhado para o método de irrigação por potes de barro.

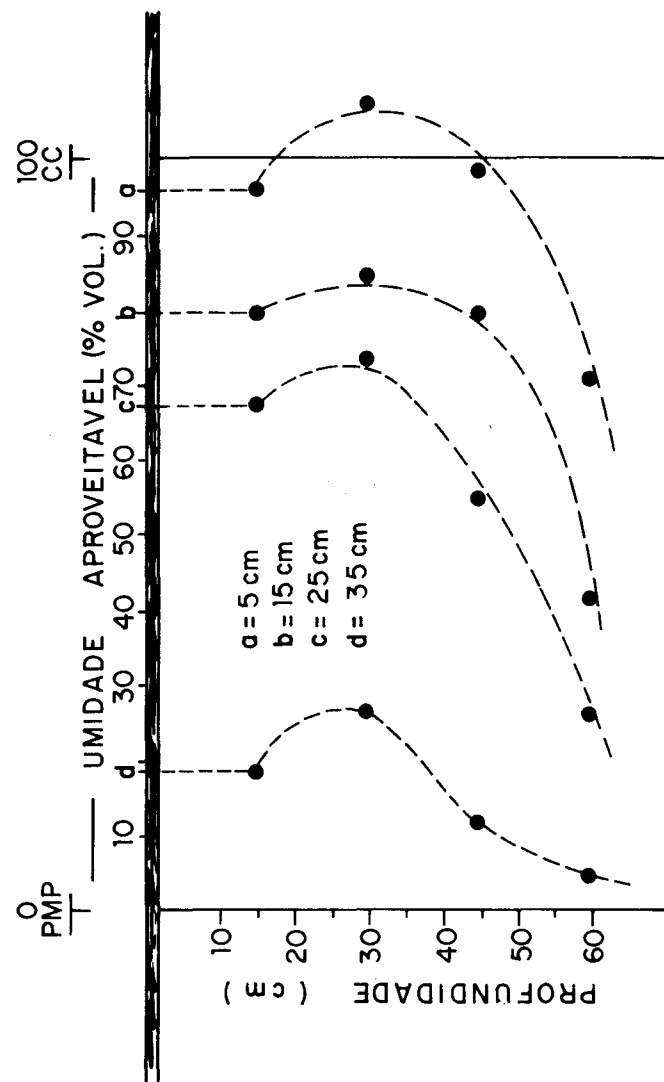


FIGURA 20. Distribuição da umidade do solo a diferentes profundidades e distâncias horizontais (a, b, c e d) desde o eixo vertical dos potes de barro na cultura da melancia

demonstraram que, mesmo com o adensamento de raízes de melancia ao redor dos potes e dentro dos limites do volume de solo molhado, o conteúdo de umidade foi suficiente para o desenvolvimento do sistema radicular. Não foram observados efeitos secundários, tais como murcha e floração precoce, quando a liberação de água, através das paredes dos potes, não foi inferior a $3,5 \pm 0,5$ litros por dia ($5,7 \pm 0,8$ mm/dia).

Na Figura 21, observa-se a tendência do consumo diário de água pela cultura da melancia, no sistema de potes, bem como informações correlatas de umidade relativa, temperatura média, evaporação do tanque classe A e precipitação.

A análise dos dados de consumo pode ser realizada aplicando modelos matemáticos polinomiais. Como para definição do referido estudo, necessita-se de mais variáveis e repetições, neste caso, apenas analisa-se que as tendências do consumo de água pelas plantas, no sistema de irrigação por potes de barro, são semelhantes às de evaporação, e que as chuvas diminutas ocorridas no período foram suficientes para influir na diminuição do consumo de água, corroborando com os resultados obtidos por Silva, Santos & Magalhães (1978). A curva de consumo de água foi mais constante durante o período sem chuvas.

As curvas referentes à umidade relativa e temperatura média diária funcionam apenas como indicadores das condições climáticas durante o ciclo da cultura da melancia.

Da Figura 21, ainda pode-se ressaltar que o consumo de água diário, no sistema de irrigação por potes de barro, em melancia, corresponde a uma média ($\bar{x}$) de 2,25 litros/pote, com um desvio padrão de 0,45 e coeficiente de variação de 20,98, para um período de 106 dias. Conforme as necessidades de uso de água pelas culturas, verifica-se que a liberação diária por cada pote, para as condições do Trópico Semi-Árido, deverá estar em torno de $3,5 \pm 0,5$ litros, no mínimo, isto para culturas de melancia, melão e caupi, o que concorda com os resultados obtidos por Mondal (1974), em outras condições, onde a liberação de água encontrada, por unidade porosa, foi de 2 a 3 litros diários de água. Vale salientar que, experimentos recentes para o cultivo de milho (*Zea mays* L.), uma liberação média de 8 ± 1 l/dia/pote não foi suficiente para que a cul-

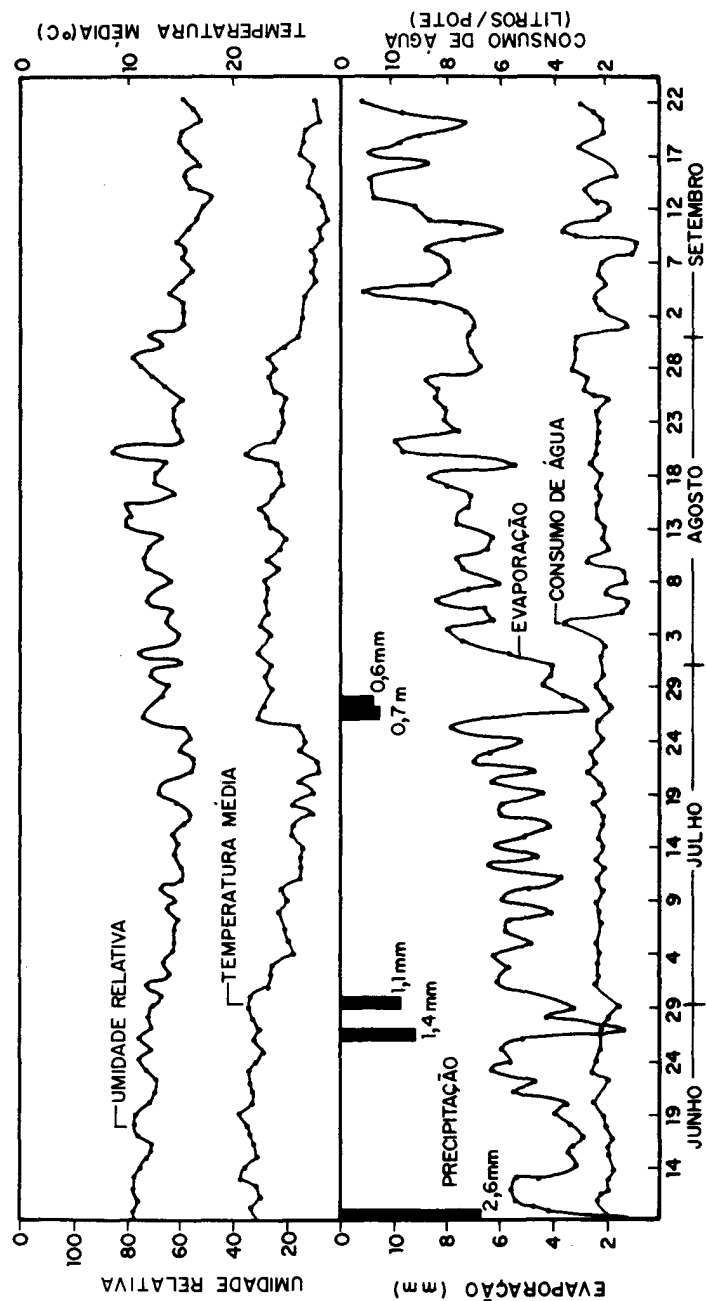


FIGURA 21. Consumo de água diário do método de irrigação por potes de barro, evaporação diária, umidade relativa e temperatura média durante o período de cultivo da melancia.

tura, quando em número de oito plantas por unidade porosa, chegasse a produzir, satisfatoriamente, em latossolo com 0,60 m de profundidade e com pedras, temperatura máxima do ar em torno de 40°C e sem ocorrer qualquer precipitação pluviométrica durante o ciclo de cultivo.

As experimentações realizadas, até o momento, indicam que a quantidade de água liberada é função de:

1. tipo de argila dos potes e temperatura de queima;
2. volume de água em cada pote;
3. potencial matricial de água no solo;
4. gradientes térmico e osmótico.

Variação na liberação de água por potes de barro, fabricados em dois locais diferentes

Os oleiros não trabalham com argila seca, e sim suficientemente úmida. Não usam somente argila, mas misturada com materiais antiplásticos e fundentes. Por esta razão, quando estes não dispõem de uma infra-estrutura adequada para o controle de matéria-prima de temperatura de queima e de qualidade, os potes adquiridos nestes oleiros, depois de enterrados, apresentam variações significativas na liberação de água, como se pode verificar nas Tabelas 10 e 11 e nas Figuras 22 e 23.

Analisando a Tabela 10 e a Figura 22, observa-se, através do "histograma de liberação de água", para o local 1, que os potes adquiridos não são satisfatórios para serem utilizados no método de irrigação por potes de barro, devendo a 99,3% destes apresentarem liberação de água inferior a 3,5 l/dia. O mesmo não ocorre com os potes adquiridos no local 2, onde 91% deles têm liberação de água superior a 2,3 l/dia. Por este motivo, deve-se ter precaução na aquisição de potes de barro, realizando-se, sempre que possível, testes preliminares em algumas unidades porosas, antes de adquiri-los.

Nas Tabelas 12, 13 e 14 apresenta-se a estimativa de custo e rendimento médio anual dos cultivos irrigados por potes de barro.

TABELA 10. Liberação de Água em Potes de Barro, CPATSA-1982

CLASSE	Limite Inferior	Limite Superior	Frequência Acumulada	Frequência Relativa	Frequência Acumulada Absoluta	Frequência Relativa Acumulada
1	0.400	1.027	251	27.9%	251	27.9%
2	1.027	1.653	350	38.9%	601	66.8%
3	1.653	2.280	212	23.6%	813	90.3%
4	2.280	2.907	81	9.0%	894	99.3%
5	2.907	3.533	1	0.1%	895	99.4%
6	3.533	4.160	1	0.1%	896	99.6%
7	4.160	4.787	1	0.0%	896	99.6%
8	4.787	5.413	1	0.1%	897	99.7%
9	5.413	6.040	0	0.0%	897	99.7%
10	6.040	6.667	0	0.0%	897	99.7%
11	6.667	7.293	0	0.0%	897	99.7%
12	7.293	7.920	0	0.0%	897	99.7%
13	7.920	8.547	1	0.1%	898	99.8%
14	8.547	9.173	1	0.1%	899	99.9%
15	9.173	9.800	1	0.1%	900	100.0%

Parâmetros para Liberação de Água

Média	1.472	Desvio Padrão	0.700
Variância	0.490	Soma Quadr.	2391.030
Mínimo	0.400	Máximo	9.800
Amplitude	9.400	Assimetria	4.734
Curtose	50.185	Coef. Variação	47.5%
Num. Obs.	900	Nº Registros	900

OBS.: Listagem numérica do histograma de liberação d'água para os potes do local 1.

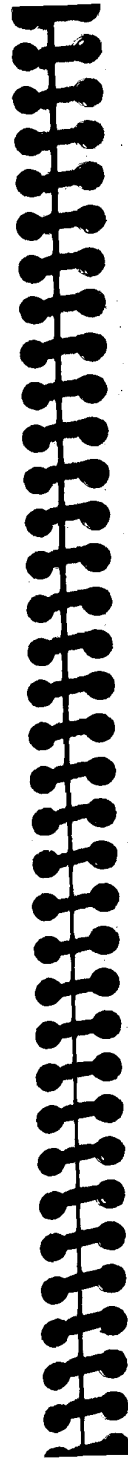


TABELA 11. Liberação de água em Potes de Barro-Água São Francisco, CPATSA-1982

CLASSE	Limite Inferior	Limite Superior	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Frequência Acumulada Absoluta	Frequência Relativa Acumulada
1	1.500	2.300	17	1.9%	17	1.9%
2	2.300	3.100	54	6.0%	71	7.9%
3	3.100	3.900	24	2.7%	95	10.6%
4	3.900	4.700	88	9.8%	183	20.3%
5	4.700	5.500	40	4.4%	223	24.8%
6	5.500	6.300	100	11.1%	323	35.9%
7	6.300	7.100	136	15.1%	459	51.0%
8	7.100	7.900	105	11.7%	564	62.7%
9	7.900	8.700	109	12.1%	673	74.8%
10	8.700	9.500	86	9.6%	759	84.3%
11	9.500	10.300	61	6.8%	820	91.1%
12	10.500	11.100	49	5.4%	869	96.6%
13	11.100	11.900	11	1.2%	880	97.8%
14	11.900	12.700	16	1.8%	896	99.6%
15	12.700	13.500	4	0.4%	900	100.0%

21

Parâmetros para Liberação de Água

Média	7.005	Desvio Padrão	2.390
Variância	5.713	Soma Quadr.	49307.800
Mínimo	1.500	Máximo	13.500
Amplitude	12.000	Assimetria	-0.046
Curtose	2.625	Coef. Variação	34.1%
Num. Obs.	900	Nº Registros	900

OBS.: Listagem numérica do histograma de liberação d'água para os potes do local 2.

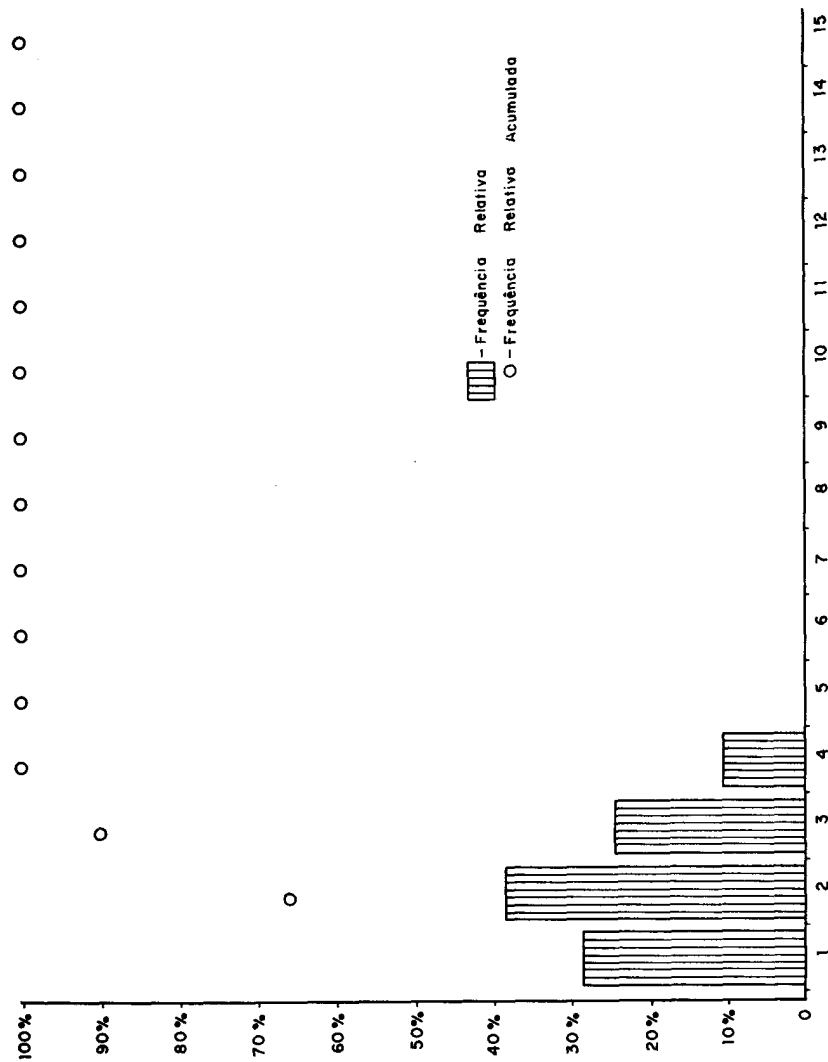


FIG 22 Liberação de água em potes de barro - Local 1

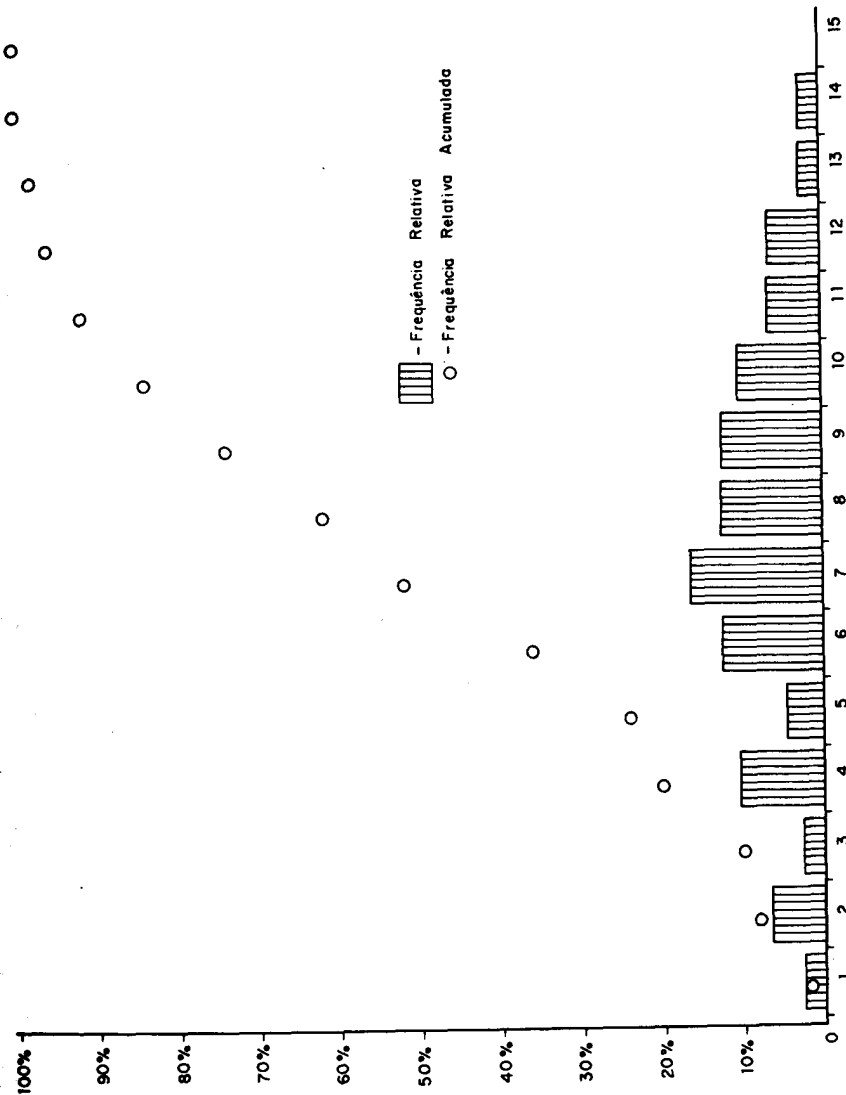


FIG 23 Liberação de água em potes de barro - Local 2

TABELA 12. Custos de implantação do sistema em 0,2 hectares (potes isolados) Fev./1982

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço (Cr\$)	Total	
				Cr\$	U.S.\$ ^a
Potes de barro	um	166	60,00	9.960,00	73.78
Mão-de-obra familiar (escavação)	H/D ^b	12	400,00	4.800,00	35.56
			Total	14.760,00	109.34

^a 1 dólar = Cr\$ 135,00^b H/D = Homem/Dia

TABELA 13. Custos de implantação do sistema em 0,2 ha (Vasos comunicantes) Fev./1982.

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço (Cr\$)	Total	
				Cr\$	U.S.\$ ^a
Potes de barro	um	166	60,00	9.960,00	73.78
Eletrotubo de 1/2" de Ø	m	800	20,00	16.000,00	118.52
Cola	kg	0,8	2.000,00	1.600,00	11.85
Bóias	um	7	100,00	700,00	5.19
Mão-de-obra familiar (escavação)	H/D ^b	12	400,00	4.800,00	35.56
Outros	-	-	-	3.040,00	22.52
			Total	36.100,00	267.42

^a 1 dólar = 135,00^b H/D = Homem/Dia

TABELA 14. Rendimento médio anual do sistema com rotação de culturas

Cultura	Produção (kg/pote)	Produção (kg/ha)	Preço/kg (Cr\$)	Total	
				Cr\$	U.S.\$
Melancia	19,00	3.154	15,00	47.310,00	350.49
Tomate	4,00	664	20,00	13.280,00	98.37
Caupi	0,60	99,6	100,00	9.960,00	73.78
			Total	70.550,00	522.64

^a 1 dólar = Cr\$ 135,00

Irrigação por cápsulas porosas

Este método requer um pouco mais de tecnologia que o anterior. Todavia, apresenta a grande vantagem de uma vazão mais uniforme, por unidade porosa, e maior liberação de água.

Os primeiros estudos básicos sobre o desenvolvimento do método de irrigação por cápsulas porosas, funcionando sob tensão (sucção), foram realizados no México, inicialmente por Olguin (1975). Durante os últimos anos, efetuaram-se estudos de evapotranspiração, Santos (1977), eficiência de uso de água em morango, Garcia (1977), uso de água salina em tomate, caupi e trigo, Morales (1978) e desenvolvimento de um modelo matemático, Rendon (1979). Todos estes trabalhos foram pesquisados em pequenas parcelas e em casa de vegetação.

Avaliando o método de irrigação por cápsulas porosas, sob tensão, Rendon (1979) observou que a condutividade hidráulica da cápsula porosa diminui com o tempo. Esta redução, durante o decorrer do experimento, constituiu-se na principal desvantagem para se continuar desenvolvendo o método. Diante do problema, sugeriu-se o uso de cápsulas mais porosas e que se trabalhasse sob diferentes gradientes de tensão e pressão.

Silva et al. (1978) e Silva, Santos & Magalhães (1978) introduziram o método de irrigação por cápsulas porosas no Trópico Semi-Árido brasileiro, iniciando a adaptação do mesmo às condições sócio-econômicas e naturais da região.

A cápsula porosa é o principal elemento do sistema. Para efeito de comparação da evolução dos estudos no CPATSA, a cápsula trazida do México continha quatro orifícios, sendo dois superiores e dois inferiores, fabricada de argila pura, não expansível, queimada a 850°C, capacidade para 600 cc de água e uma porosidade de 18%, Santos (1977) e Silva, Santos & Magalhães (1978). A cápsula atual tem capacidade para 700 cc, resistência mecânica de 5 kg/cm² e uma porosidade de 21%, com dois bicos conectores na parte superior; é confeccionada com uma mistura de materiais plásticos e elásticos, permitindo a queima a 1.120°C em fornos-túneis fechados e suscitando a possibilidade de

sua fabricação em escala comercial, com alto controle de qualidade, Silva et al. (1980).

As modificações realizadas na cápsula original oferecem uma série de vantagens, tais como: condutividade hidráulica superior, permitindo uma liberação média diária, por unidade, de 5 litros, possibilidade de queima a 1.120°C , implantação de linhas com 100 m de comprimento, facilidade de conexão e redução dos custos de implantação, com a eliminação de uma mangueira.

Expressiva contribuição ao desenvolvimento do método de irrigação por cápsulas porosas foi dada por Silva & Gheyi (1981), quando caracterizaram o método sob diferentes condições de pressão hidrostática e em escala operacional, onde os principais resultados alcançados foram os seguintes:

1. o consumo de água para as pressões hidrostáticas de 0,35; 0,50; 0,75 m foram, respectivamente, de 796, 984 e $1.000 \text{ m}^3/\text{ha}$, durante 90 dias, para a cultura do milho, demonstrando grande economia de uso de água;
2. as cápsulas porosas apresentaram alta uniformidade na liberação de água durante o período estudado, podendo ser utilizadas em estudos precisos que envolvam água, solo e planta;
3. o potencial matricial de água no solo, a 2 centímetros das paredes das cápsulas, manteve-se pouco acima da Capacidade de Campo (CC) e a Umidade Aproveitável (UA), dentro do bulbo molhado, sempre esteve entre 60 e 100% para um diâmetro médio de 40 cm e nas faixas de 15 a 45 cm de profundidade, durante o ciclo do cultivo;
4. o método de irrigação por cápsulas porosas é um método de irrigação localizada, onde os teores de umidade tendem a crescer de 0 a 30 cm de profundidade, atingindo, aí, seu nível máximo de UA. A partir desta faixa, o teor de umidade decresce no sentido das camadas inferiores, praticamente, não havendo água de percolação, formando um bulbo molhado ao redor das cápsulas porosas.

Descrição do sistema de irrigação por cápsulas porosas funcionando por pressão hidrostática

Os elementos básicos componentes do sistema são apresentados na Figura 24, onde:

- (B) é o reservatório de abastecimento do sistema e é constituído de um recipiente que pode ser um pote de barro caseiro, com capacidade de 10 a 12 litros, contendo uma bóia para manter o nível de água constante no seu interior. A altura de carga (H) corresponde à diferença de nível entre a superfície livre da água no reservatório e a altura média das cápsulas porosas instaladas.
- (L) é a linha principal de abastecimento e consiste numa tubulação de polietileno de 1" de diâmetro, que une as cápsula porosa (CP) com o reservatório (B) de abastecimento.
- (L₁) é a Linha de cápsula e consiste numa série de cápsulas interconectadas, instaladas em curva de nível ou com uma pequena declividade, quando as linhas forem superiores a 100 m. Esta linha está ligada à linha principal (L).

Cápsula porosa. É uma peça oca, de forma cônica, fabricada com uma mistura de argila, com paredes de 0,6 cm de espessura, capacidade para 700 cc de água, resistência mecânica à compressão de 5 kg/cm^2 e uma porosidade de 20 a 22%. Contém dois orifícios com bicos conectores na parte superior e é confeccionada em moldes de gesso, exigindo controle absoluto da temperatura de queima.

Princípio de operação e método. O método dispensa força motriz convencional para a aplicação da água de irrigação. A distribuição é feita automaticamente, de forma contínua, sendo diretamente proporcional à diferença de potencial existente entre a água no interior da cápsula e o solo onde estão instaladas, e inversamente proporcional à resistência da cápsula.

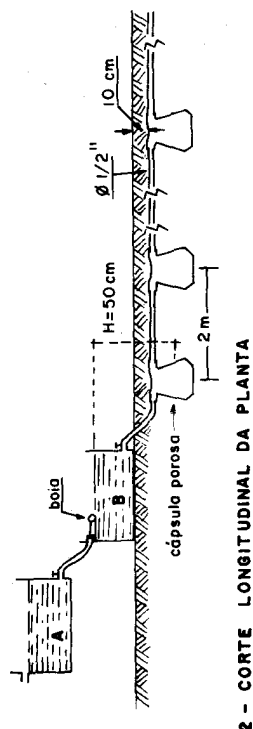
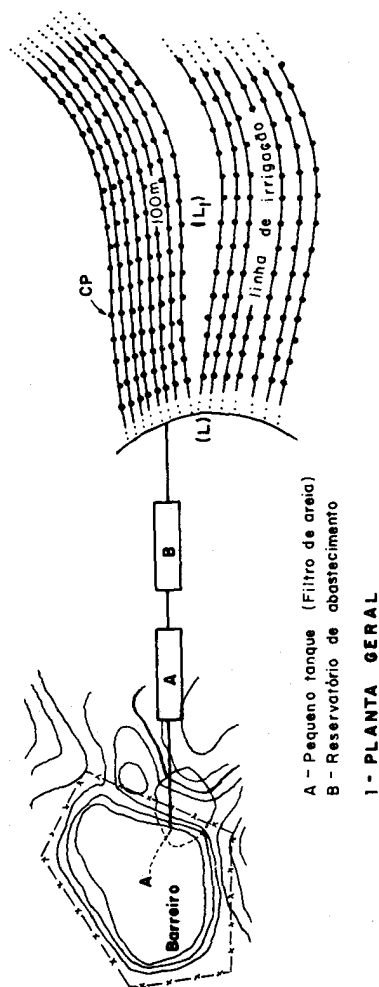


FIG.24 Modelo esquemático do sistema de irrigação por câpsulas porosas.

Materiais usados na confecção de câpsulas porosas

A composição química média dos materiais argilosos usados na confecção das câpsulas porosas encontra-se na Tabela 15.

Confecção de câpsulas porosas

A câpsula porosa constitui-se de uma peça oca, em forma de cone, com dois orifícios, estes em forma de bico conector, situados na parte superior, paredes de 0,5 a 0,6 cm de espessura e com capacidade aproximada para 700 ml de água. Sua fabricação resultou da mistura de materiais argilosos, oriundos da região do Cariri cearense, composta, principalmente, de xistos argilosos, tipo shale, conhecidos como taguá, e, em menores quantidades, de carbonato de cálcio natural, xisto talco e a chamota originária do taguá calcinado, cujas proporções químicas foram dadas por Araújo (1979). Na Tabela 15 encontra-se a composição química média dos materiais utilizados na confecção das câpsulas porosas.

A mistura, em estado líquido, formada pela calcita, xisto talco e chamota, com água, que deixa resíduos de 4 a 5% em 200 mesh, foi denominada barbotina A. O taguá, minerado pela Cerâmica do Cariri S.A. (CECASA), depois de uma secagem natural, foi reduzido em moinhos de rolos do tipo Low Side, sem deixar restos em malhas de 50 mesh, padrão Taylor. Com esta massa, misturada com água num agitador de pás rotativas, e, posteriormente, passada em malhas de 100 mesh, obteve-se a barbotina B.

Para confecção das câpsulas, as barbotinas A e B, depois de acertadas as respectivas densidades ($1,33 \text{ g/cm}^3$), foram misturadas em proporções correspondentes à composição final desejada e homogeneizadas em agitadores apropriados. Em seguida, derramou-se a mistura homogeneizada em moldes previamente fabricados em gesso tipo "Plaster of Paris" e constituídos por duas matrizes que encaixam, semelhantes às utilizadas por Silva et al. (1978).

Os moldes foram preenchidos ininterruptamente por quatro minutos, tempo necessário para formar uma camada sólida em contato com o gesso. Em seguida, procedeu-se ao der-

TABELA 15. Composição química média dos materiais argilosos usados na confecção das cápsulas porosas^a

	Materiais (%)		
	Taguá	Xisto-talco	Calcita
Insolúveis	-	-	1,64
SiO ₂	53,69	52,42	-
Al ₂ O ₃	18,44	3,60	-
Fe ₂ O ₃	7,67	10,00	0,52
CaO	2,82	-	89,29
MgO	4,05	27,70	8,55
Na ₂ O	1,32	0,50	-
K ₂ O	0,85	-	-
Perda ao fogo	11,16	5,79	-

^a FONTE: Silva et al. (1981)

ramamento do excedente líquido do interior do molde e, após quatro minutos ou mais, realizou-se a abertura dos moldes, para a retirada das unidades moldadas. Para tanto, utilizou-se a metodologia sugerida por Santos (1977).

A pré-secagem do material se fez à sombra, com pouca ventilação e à temperatura ambiente. O excesso de água das cápsulas foi eliminado através de um secador túnel, de curva fixa, com ciclos de 32 horas e à temperatura máxima de 145°C.

A cozedura das unidades, realizada pela CECASA, foi feita em forno-túnel contínuo de 118 m de comprimento, ciclo de 32 horas e à temperatura máxima de 1.120°C.

Ao final do processo de confecção, a cápsula apresentava, de acordo com testes realizados pela CECASA, uma resistência mecânica à compressão de 5 kg/cm² e uma porosidade de 20 a 22%.

Efeitos das diferentes proporções de barbotinas A e B sobre as liberações de água pelas cápsulas porosas

Para definir qual a melhor proporção dos materiais empregados na confecção das cápsulas porosas, usaram-se cinco diferentes percentagens de barbotinas A e B, respectivamente, de: 20-80, 30-70, 35-65, 40-60 e 50-50.

Após confeccionadas, as cápsulas foram testadas, em ambiente saturado com água, para se verificar suas vazões, devido às pressões hidrostáticas. Em etapa seguinte, de terminaram-se suas condutividades hidráulicas, segundo a metodologia proposta por Silva et al. (1978).

As cápsulas porosas, confeccionadas com várias proporções de barbotinas A e B, e submetidas a diferentes pressões hidrostáticas, apresentaram as liberações de água demonstradas na Tabela 16.

As cápsulas feitas com as proporções de 50% e 50%, respectivamente, de barbotinas A e B, apresentaram grandes liberações diárias, mesmo para a pressão hidrostática de 0,25 m, mas devido à alta proporção da calcita, contida na barbotina A, que confere porosidade ao material após a cozedura e, em consequência, afetando as suas resistências ao choque e à compressão, tornaram-se inadequadas.

TABELA 16. Liberação diária de água, em litros, em função das diferentes proporções de barbotinas A e B, usadas na confecção das cápsulas porosas, sob diferentes pressões hidrostáticas (ΔH).

Proporções de Barbotinas A e B (%)	$\Delta H(m)$	Liberações Diárias de Água (ℓ)			
		1,00	0,75	0,50	0,25
20 ; 80		$0,30 \pm 0,09$	$0,20 \pm 0,03$	$0,17 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,02$
30 ; 70		$3,62 \pm 0,34$	$3,02 \pm 0,28$	$2,03 \pm 0,23$	$0,82 \pm 0,15$
35 ; 65		$5,44 \pm 0,15$	$3,94 \pm 0,34$	$2,47 \pm 0,08$	$1,62 \pm 0,05$
40 ; 60		$7,72 \pm 0,94$	$6,32 \pm 0,79$	$4,34 \pm 0,33$	$2,83 \pm 0,44$
50 ; 50		$36,00 \pm 2,37$	$29,00 \pm 1,33$	$19,00 \pm 1,03$	$9,50 \pm 0,67$

FONTE: Silva (1980).

Por outro lado, as proporções 20% e 80%, mostraram grandes resistências físicas, mas as liberações de água foram insuficientes.

Das cápsulas confeccionadas com as proporções de barbotinas A e B, correspondentes a 30%, 70% e 35%, 65% tinham grandes resistências físicas devido à predominância da barbotina B, porém suas liberações de água foram consideradas baixas, para as pressões 0,25 e 0,50 m.

As proporções 40% e 60% foram consideradas ideais por possibilitarem liberações de água de 3 L/dia, aproximadamente, até para a menor pressão hidrostática (0,25 m). As cápsulas porosas, fabricadas com estas proporções de barbotinas (A e B), apresentaram porosidade de 20 a 22%, resistência à compressão de 5 kg/cm² e condutividade hidráulica de 0,0054 + 0,0007 cm/h, a qual aproxima-se dos resultados obtidos por Rendon (1979) e supera em cinco vezes as condutividades das cápsulas fabricadas por Silva et al. (1978). Isto deve-se, exclusivamente, à natureza dos materiais argilosos utilizados neste trabalho, para confecção das cápsulas porosas.

Liberação e distribuição do conteúdo de água por cápsulas porosas, durante o ciclo de cultivo do milho

A caracterização do método de irrigação por cápsulas porosas foi realizada por Silva, Silva & Gheyi (1981), cujo estudo consistiu na aplicação de três diferentes Tratamentos (T) de pressões hidrostáticas (ΔH) de funcionamento do sistema e cinco subtratamentos (P) de densidades de plantas por cápsulas porosas, como são descritos a seguir:

Tratamento (T):

$$T_1 = 0,35 \text{ m};$$

$$T_2 = 0,50 \text{ m};$$

$$T_3 = 0,75 \text{ m}.$$

Subtratamento (P):

$$P_1 = 1;$$

$$P_2 = 4;$$

$$P_3 = 7;$$

$$P_4 = 10;$$

$$P_5 = 13.$$

A liberação diária de água por cápsula porosa, para os diferentes Tratamentos (T), evaporação do tanque classe A e precipitação, durante 74 dias, encontram-se na Figura 25.

Analisando as curvas de liberação diária de água, observa-se que as mesmas variaram de acordo com os tratamentos e condições climáticas, muito embora estas variações não tenham apresentado correlações significativas, com a evaporação do tanque classe A. As tendências de variar de acordo com a precipitação e a evaporação foram inferiores às observadas por Olguin et al. (1976), Garcia (1977), Santos (1977) e Silva et al. (1978 a), ao empregarem o método por sucção, quando as liberações de água decresciam consideravelmente, na ocorrência de decréscimos bruscos na evaporação do tanque classe A.

No trabalho desenvolvido por Silva, Silva & Gheyi (1981), após as precipitações que ocorreram a partir do dia 6 de novembro de 1979, os tratamentos reduziram suas liberações de água em, aproximadamente, 20%, muito embora estas ficassem ao redor de 4 l/dia, até para o T₁, (Figura 25), o que se explica pelo fato de ser positivo o potencial de água no interior da cápsula porosa. Conclui-se, pois, que o método de irrigação por cápsulas porosas sob pressões é menos sensível que o método funcionando por sucção, quando se trata de correlacionar as liberações de água pelo sistema, com a evaporação do tanque classe A.

Os valores da liberação média diária de água por cápsula porosa, para todo o ciclo de cultivo, encontram-se na Tabela 17, onde constata-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade entre os Tratamentos (T). As maiores liberações de água ocorreram nos Tratamentos T₂ e T₃, demonstrando que as diferentes pressões hidrostáticas influíram na liberação de água pelas cápsulas, confirmando os resultados obtidos por Rendon (1979), segundo os quais a vazão da cápsula aumentou, à medida que se elevou o potencial no seu interior.

O coeficiente de variação, encontrado através da análise da variância, foi baixo, demonstrando que as cápsulas apresentam uniformidade de liberação e podem ser utilizadas em estudos precisos que envolvam água, solo e planta, como também ficou demonstrada sua viabilidade de uso em escala operacional.

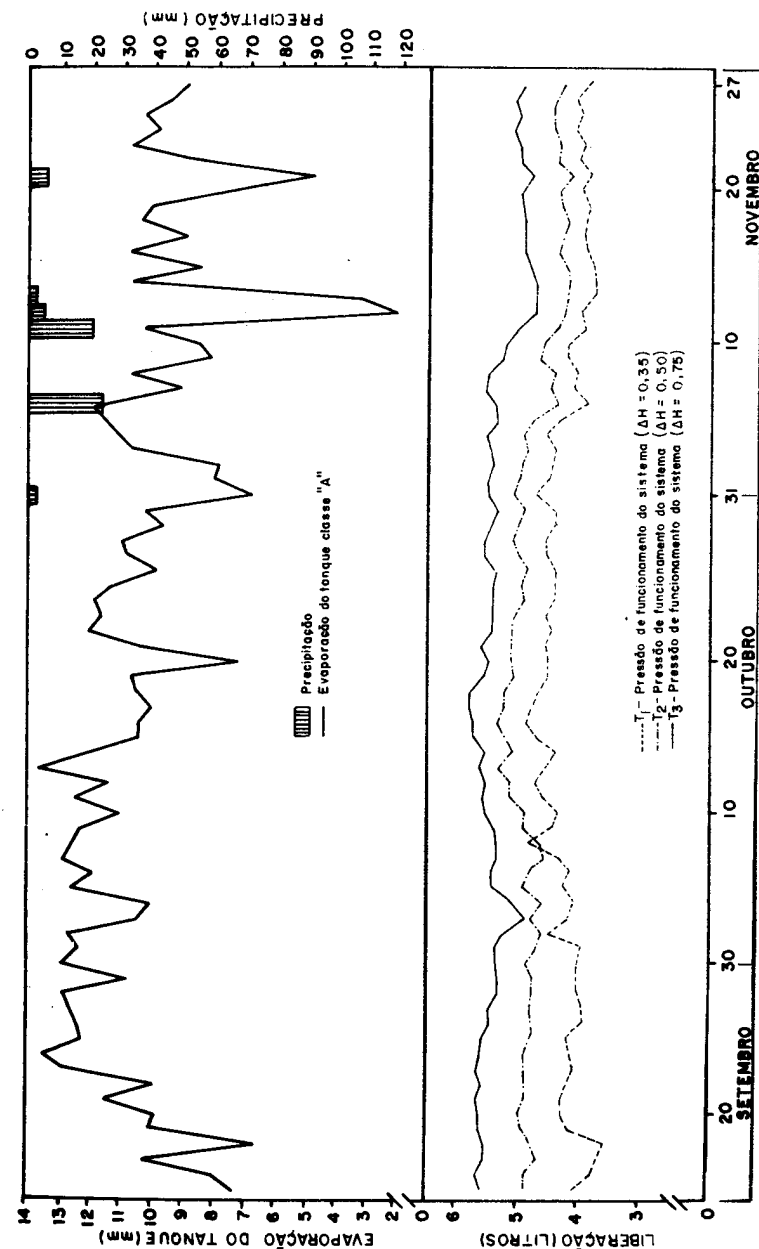


FIG. 25. Liberação diária de água por cápsulas porosas para os tratamentos, evaporação do tanque classe "A" e precipitação durante o ciclo vegetativo do milho.

TABELA 17. Liberação média de água (ℓ) por cápsula porosa e em m^3/ha para os diferentes tratamentos, durante o ciclo de cultivo.

Tratamento	Liberação média de água por cápsula (ℓ)		m^3/ha
	Diária ^a	Total	
T ₁	4,30 a	318,23	795,6
T ₂	4,83 b	357,40	893,5
T ₃	5,40 c	399,41	998,5

FONTE: Silva (1980).

CV = 2,0%

DMS = 0,36

^aAs medidas seguidas de letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

As distribuições das umidades aproveitáveis (em função do volume) estão apresentadas nas Figuras 26, 27 e 28, onde considera-se o Ponto de Murcha Permanente (PMP) e a Capacidade de Campo (CC) com umidades 0% e 100%, respectivamente.

Analisando-se a distribuição da umidade na direção horizontal e nas diferentes profundidades, verifica-se que um maior conteúdo de umidade foi encontrado ao redor dos primeiros 10 cm do eixo vertical das cápsulas porosas e nas amostras correspondentes às profundidades de 15-30 cm. Algumas irregularidades observadas nas Figuras 26, 27 e 28 devem-se às variações de solo em diferentes camadas, no que diz respeito a CC, PMP e Densidade aparente (Da), dificultando uma avaliação mais detalhada da distribuição do conteúdo de água no solo, no tempo e no espaço.

A distribuição do conteúdo de água para o tratamento T₁, como se observa na Figura 26, e para os subtratamentos P₁, P₃ e P₅, apresenta variações entre 50 e 100% de Umidade Aproveitável (UA), ao redor de um bulbo molhado de 80 cm de diâmetro, e profundidade de 15 a 45 cm, respectivamente, durante todo o ciclo de cultivo, com exceção dos T₁P₃ e T₁P₅, que apresentaram decréscimo de UA aos 83 dias após o plantio, principalmente o último, cuja umidade permaneceu dentro do bulbo molhado ao redor de 35 a 65%. Também se comprova que esta disponibilidade de umidade tende a crescer, à medida que se aumenta T, como se verifica analisando as Figuras 27 e 28 para os tratamentos T₂ e T₃. A disponibilidade de umidade foi mais expressiva para o T₃P₁ no decorrer do período fenológico.

Os dados de potenciais diários, obtidos pelos tensiômetros de mercúrio para o T₁, a 2 cm das paredes das cápsulas e a 25 cm da superfície do solo, indicam que o conteúdo de água no solo manteve-se sempre acima de CC, como mostra a Figura 29.

Os potenciais de água no solo, dados em atmosfera (Fig. 29), apresentam coerência, sendo proporcionais aos resultados das amostragens gravimétricas (Fig. 26), para os 42 e 83 dias após o plantio, Silva, Silva & Gheyi (1981).

Os mais elevados potenciais foram registrados para o P₁, justificados pela menor demanda evapotranspirativa da cultura. Por outro lado, P₃ apresentou potenciais mais

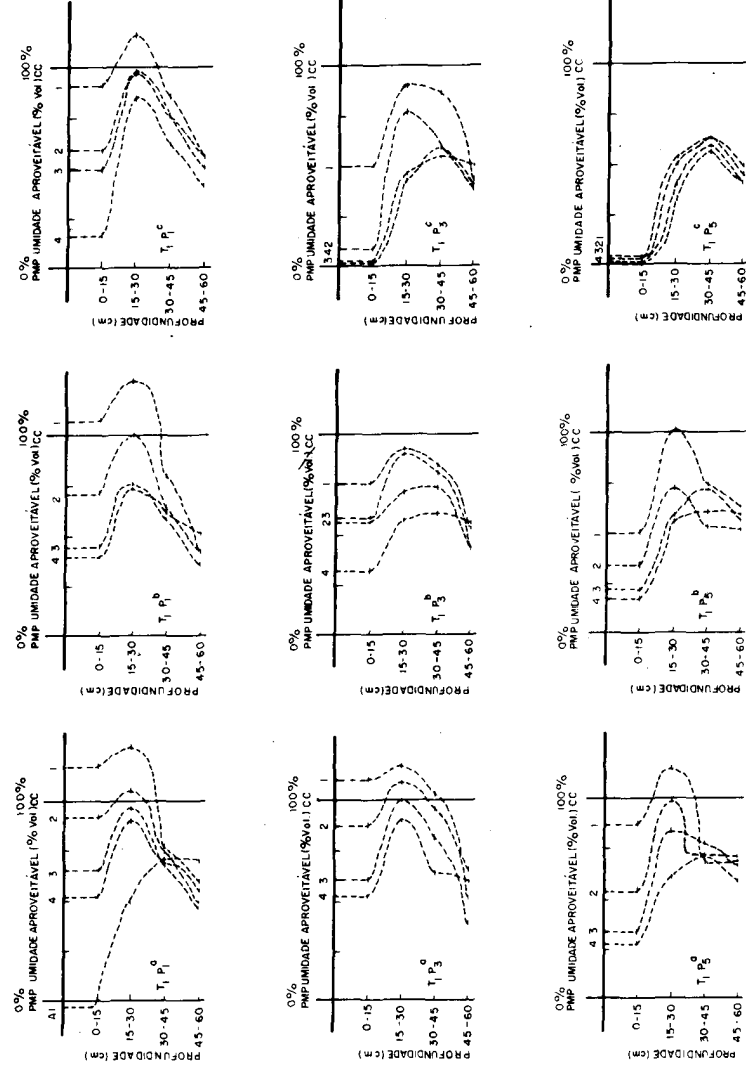


FIG. 26. Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.

FIG. 27. Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.

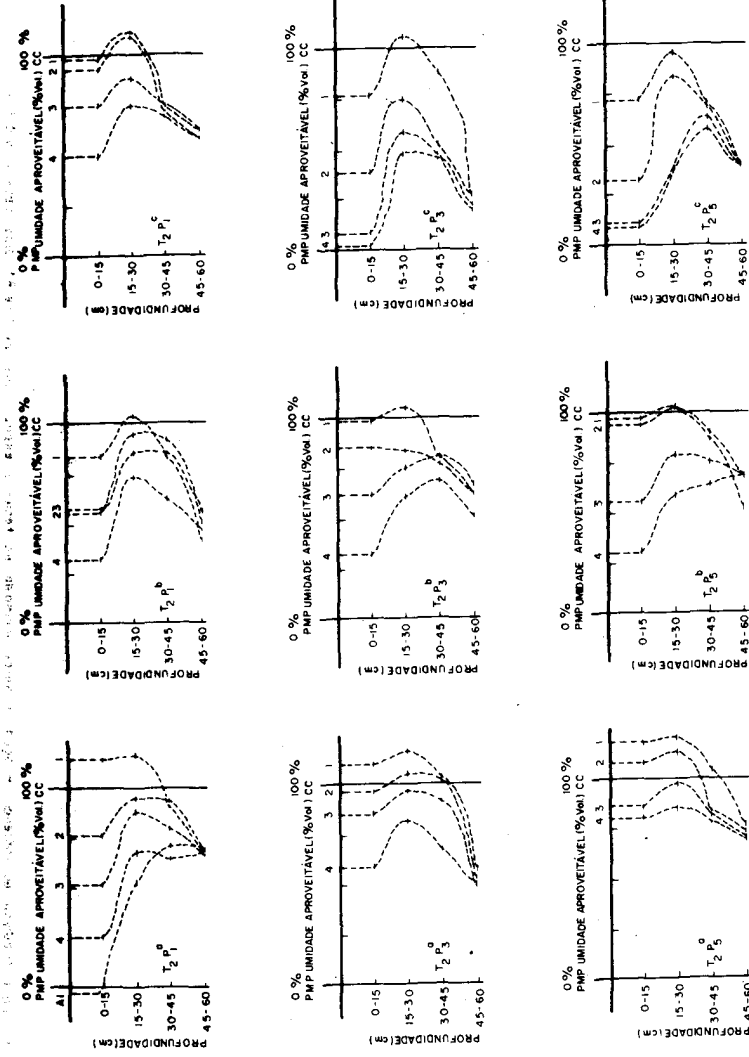
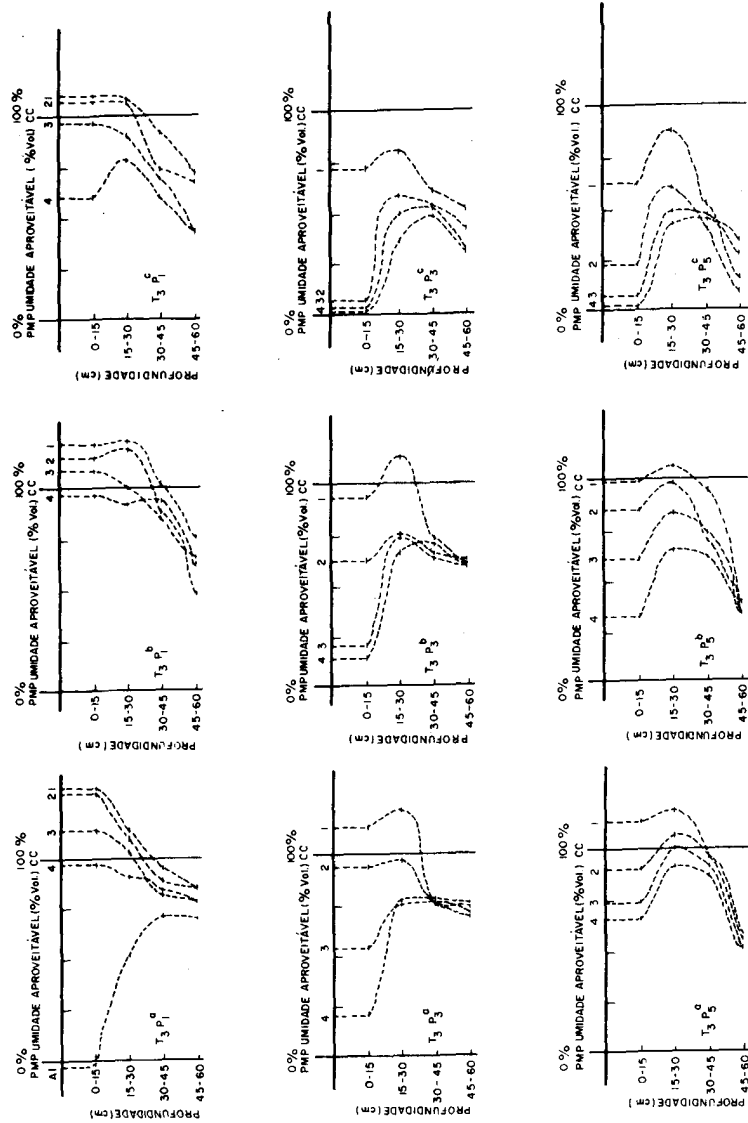


FIG. 27. Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.



PMP - Ponto de Murcha Permanente
 CC - Capacidade de Campo
 A1 - Unidade do solo antes da irrigação
 b - Unidade no bulbo molhado aos 21 dias após o plantio
 T3 - Pressão de funcionamento do sistema (0,75m)
 P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8 - Correspondem, respectivamente, a 1, 7 e 13 plantas/cápsula

FIG. 28 Distribuição do conteúdo de água no bulbo molhado no tempo e espaço aos 21, 42 e 83 dias após o plantio.

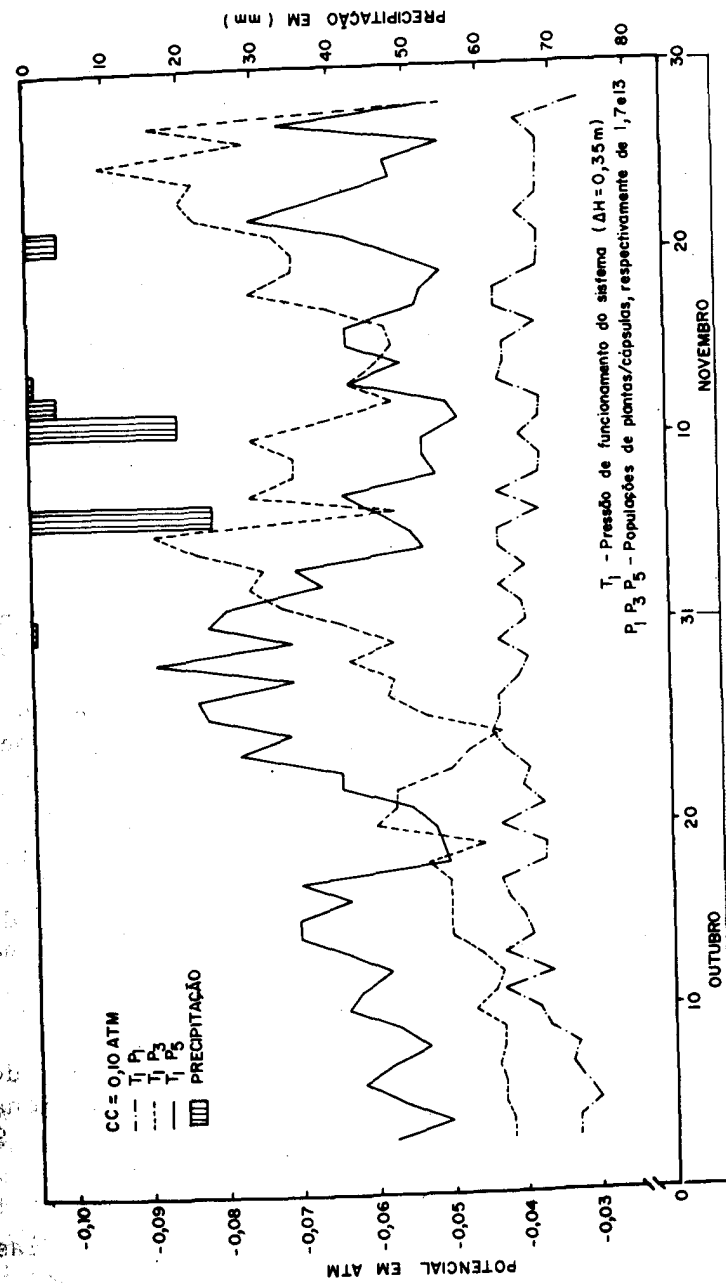


FIG. 29 Potenciais matriciais diários por sub-tratamentos P1, P3 e P5 do tratamento T1 e precipitações no período (Outubro/Novembro).
 T1 - Pressão de funcionamento do sistema ($\Delta H = 0,35m$)
 P1, P3, P5 - Populações de plantas/cápsulas, respectivamente de 1, 7 e 13

baixos do que P_5 , a partir dos 54 dias após o plantio. Estes resultados estão de acordo com os dados de maior desenvolvimento foliar final e produção de milho para P_3 , segundo Silva et al. (1978). Os potenciais para o T_2 e T_3 , comparados às amostragens gravimétricas, correspondentes às Figuras 27 e 28, respectivamente, foram semelhantes, nos aspectos estudados, ao T_1 .

O método de irrigação estudado por Silva, Silva & Gheyi (1981) demonstrou algumas importantes vantagens, tais como: é auto-regulável; dispensa força motriz; apresenta altíssima eficiência de aplicação e distribuição de água; fácil manejo. Como limitação, persiste a impossibilidade de determinar-se a durabilidade do sistema, isto porque, em condições de campo, vêm-se observando, ainda, reduções nas liberações de água.

Redução na liberação de água em cápsulas porosas

Pires & Silva (1982) desenvolveram estudo sobre a influência do tipo de água e interrupção no funcionamento do sistema sobre a redução de liberação de água em cápsulas porosas, cujos resultados obtidos são indicadores básicos para o desenvolvimento deste método de irrigação. Os Tratamentos (T) corresponderam às interrupções no funcionamento do sistema e os Subtratamentos (S) à qualidade de água utilizada pelo sistema, onde:

T_1 = irrigação contínua do sistema durante 96 dias;

T_2 = interrupção do sistema durante 10 dias, após dez dias do início da irrigação, voltando a funcionar continuamente no período de 21 a 96 dias, após o início da irrigação;

T_3 = interrupção do sistema durante 10 dias, após dez dias do início da irrigação, voltando a funcionar continuamente nos períodos de 21 a 30 e 41 a 96 dias, após o início da irrigação;

T_4 = interrupção do sistema em intervalos de dez dias, após dez dias do início da irrigação, voltando a

funcionar nos períodos de 21 a 30, 41 a 50 e 61 a 96 dias, após o início da irrigação;

S_1 = água tratada com 100 ppm de Sulfato de Alumínio;

S_2 = água filtrada em filtro de pedra + areia grossa + carvão vegetal + areia fina;

S_3 = água sem tratamento: água de barreiro com alto teor de argila em suspensão (1,6 g/l).

A metodologia usada, para realização do referido trabalho, consistiu de duas partes: a primeira, de testes de liberação de água em condições de laboratório, e a segunda em condições de campo.

No laboratório, inicialmente, a cápsula nova era lavada e secada em estufa (105° a 110°C) até peso constante; em seguida, determinava-se a liberação de água, usando-se a mesma carga hidrostática a ser utilizada em condições de campo, como se verifica na Tabela 18. Após os testes de laboratório, todas as cápsulas analisadas foram instaladas no campo, e feitas medições da água liberada diariamente, durante um período de 96 dias, cujos resultados analisados se encontram na Tabela 19.

Após os estudos de campo, as cápsulas porosas foram levadas novamente ao laboratório, onde se fizeram testes análogos aos iniciais, como mostra a Tabela 20.

Observa-se, pela análise da Tabela 20, que as liberações de água variavam significativamente, ao nível de 1% de probabilidade, para os Subtratamentos (S), correspondentes à qualidade de água de irrigação, o mesmo não ocorrendo para os Subtratamentos (S) da Tabela 18, como era de se esperar, uma vez que as cápsulas eram novas.

O Subtratamento (S_1) em condições de laboratório, foi o mais afetado pela redução na liberação de água, que era tratada com Sulfato de Alumínio (Tabela 20) enquanto em condições de campo, a maior redução na liberação de água ocorreu no Subtratamento S_3 (Tabela 19). As informações da Tabela 19 são consistentes, devido a várias observações realizadas até o presente momento. Todavia, como os resultados encontrados na Tabela 19 são contrastantes com

TABELA 18. Liberação de água (L) em condições de laboratório, antes das cápsulas serem instaladas em campo, por bloco e por tratamento, bem como o resultado da variância e seus valores.

Tratamento	B l o c o s			Média ^a
	B I	B II	B III	
T1S1	11,71	17,86	11,80	13,79
T1S2	13,84	20,11	13,11	15,69
T1S3	17,28	22,86	17,06	19,07
T2S1	12,38	20,97	13,93	15,76
T2S2	12,79	18,95	11,32	14,35
T2S3	16,03	11,57	14,88	14,16
T3S1	15,79	12,51	13,91	14,07
T3S2	15,80	15,81	16,49	16,03
T3S3	14,67	15,31	18,91	16,30
T4S1	13,44	20,27	20,36	18,02
T4S2	12,74	16,17	20,93	16,61
T4S3	13,74	15,72	14,57	14,68
Média	14,18	17,34	15,61	15,71

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F
Bloco	2	60,05		
T	3	15,46	5,15	0,61 NS
S	2	2,48	1,24	0,15 NS
T x S	6	70,78	11,80	1,40 NS
Erro	22	184,94	8,41	

CV = 18,46%

DMS = 8,64

^a As médias não diferem significativamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

^b NS = Não Significativo.

TABELA 19. Liberação de água (L) por bloco e por tratamento, durante o período de 08.12.80 a 14.03.81, bem como o resultado da análise da variância e seus valores.

Tratamento	B l o c o s			Média ^a
	B I	B II	B III	
T1S1	480,10	512,96	481,42	491,49 b
T1S2	190,67	228,10	219,00	212,59 d
T1S3	185,17	202,30	198,05	195,17 d
T2S1	532,41	655,22	619,37	602,33 a
T2S2	188,62	193,56	174,93	185,70 de
T2S3	152,76	174,45	170,33	165,85 def
T3S1	353,55	440,08	402,49	398,71 c
T3S2	139,47	108,68	110,00	119,38 ef
T3S3	98,83	112,53	107,55	106,30 f
T4S1	408,03	447,58	479,16	444,52 bc
T4S2	102,41	128,36	112,36	114,38 ef
T4S3	104,61	119,62	107,51	110,58 f
Média	244,72	276,95	265,18	262,28

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F ^b
T	2	6.385,25		
Bloco	3	80.609,54	26.869,85	53,09
S	2	888.848,84	444.424,42	878,17
T x S	6	26.295,86	4.382,64	8,66
S(T1)	2	165.859,95	82.947,98	163,90
S(T2)	2	364.495,45	182.247,73	360,12
S(T3)	2	163.692,32	81.846,16	161,73
S(T4)	2	221.060,98	110.530,49	218,40
Erro	22	11.133,67	506,08	

CV = 8,58%

DMS = 74,55

^a As médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

^b Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 20. Liberação de água (L) em condições de laboratório, após as cápsulas serem instaladas em campo, por bloco e por tratamento, bem como o resultado da variância e seus valores.

Tratamento	B l o c o s			
	B I	B II	B III	Média ^a
T1S1	4,75	5,52	3,74	4,67 a
T1S2	13,27	20,20	11,01	14,83 b
T1S3	15,18	21,29	11,27	15,91 b
T2S1	7,42	12,49	7,75	9,22 ab
T2S2	14,55	16,16	10,74	13,97 ab
T2S3	16,22	14,08	12,40	14,23 ab
T3S1	11,96	9,54	6,78	9,43 ab
T3S2	12,79	16,39	12,72	13,97 ab
T3S3	15,76	15,91	13,84	15,17 b
T4S1	13,83	10,55	13,38	12,59 ab
T4S2	11,58	14,93	20,14	15,55 b
T4S3	12,56	15,06	16,54	14,72 b
Média	12,49	14,38	11,69	12,85

ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Soma dos Quadrados	Quadrados Médios	F
Bloco	2	45,76		
T	3	29,68	9,89	1,28 NS ^b
S	2	271,86	135,93	17,55 ^c
T x S	6	75,69	12,61	1,63 NS ^b
Erro	22	170,41	7,74	

CV = 21,65%

DMS = 9,94

^a As médias seguidas de letras iguais, não diferem significativamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 1% de probabilidade.

^b NS = Não significativo

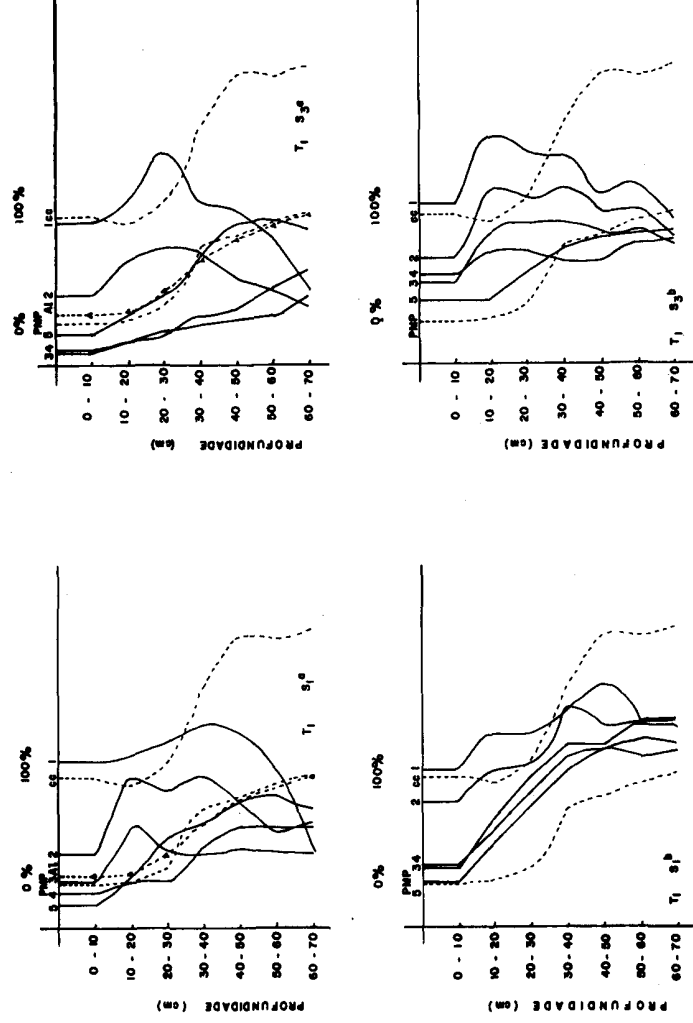
^c Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

os da Tabela 20, acredita-se que esta inversão de resultados deva-se à metodologia utilizada no laboratório, para a determinação das liberações, isto é, a cápsula veio do campo e foi lavada em água corrente e depois levada à estufa para secar (105° a 140°), para, em seguida, ser realizado o teste de liberação. Então, a argila existente na parede interna da cápsula foi retirada, permitindo um incremento na liberação de água. Pode-se considerar este resultado como uma vantagem do método, porque após um período de uso no campo, as cápsulas podem ser retiradas para lavagem e secagem, aumentando-se, desta maneira, a vida útil da mesma. Ainda assim, estudos estão sendo efetuados para suprir este inconveniente, por um período mínimo de cinco anos.

Distribuição de umidade de água no solo para diferentes interrupções no funcionamento do sistema e qualidade de água

As distribuições de Umidade Aproveitáveis (UA) estão apresentadas nas Figuras 30 e 31, onde considera-se o Ponto de Murcha Permanente (PMP) e a Capacidade de Campo (CC) com umidades de 0% a 100%, respectivamente. Estas foram determinadas em quatro fases do cultivo de caupi, para os diferentes Tratamentos (T) e Subtratamentos (S), cuja densidade de plantio correspondeu a oito plantas/cápsula, Pires & Silva (1982). Comparando-se os resultados obtidos neste trabalho, aos obtidos por Silva, Silva & Gheyi (1981), apresentados nas Figuras 26, 27 e 28, fazem-se as seguintes considerações: a liberação de água foi insuficiente para a cultura de caupi, no período de máxima demanda do cultivo (Figura 31), mesmo este sendo mais tolerante à seca que a cultura do milho, estudado por Silva, Silva & Gheyi (1981), e as cápsulas usadas foram idênticas em ambos os trabalhos. Esta discrepância deve-se, em parte, aos diferentes tipos de solo em que foram realizados os estudos, os quais são citados a seguir.

Tipo de solo onde foram realizados estudos por Silva, Silva e Gheyi. Solo profundo amarelo-avermelhado, arenoso

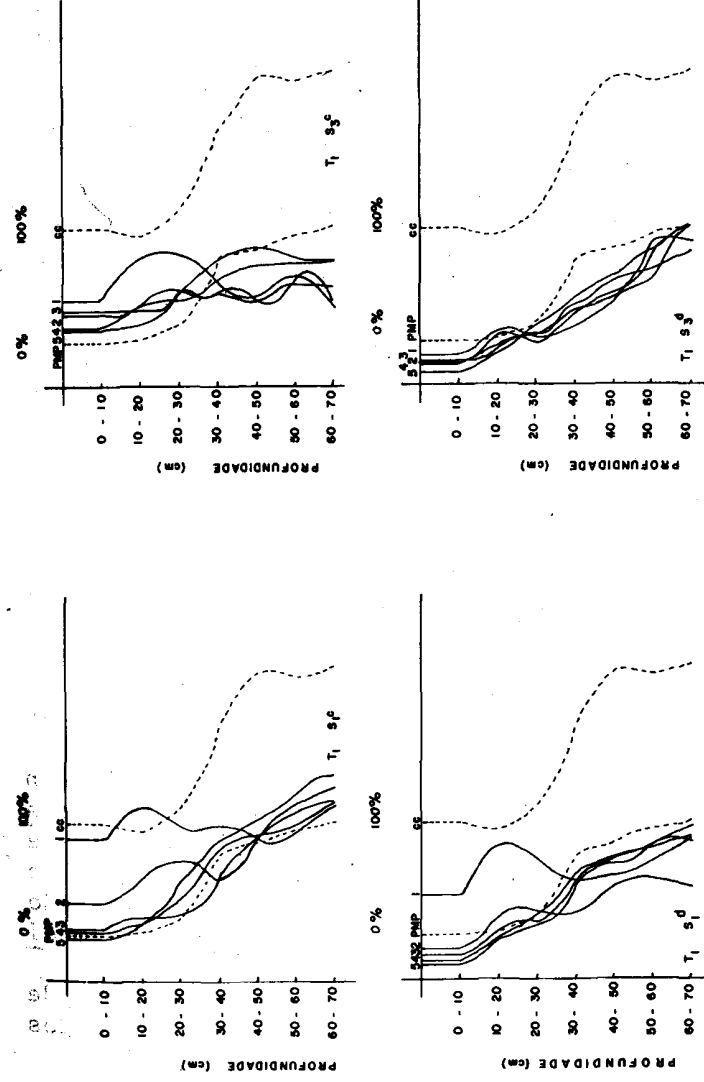


PMF - PONTO DE MURCHA PERMANENTE
CC - CAPACIDADE DE CAMPO
a - DETERMINADA ANTES DA GERMINAÇÃO
b - DETERMINADA A 50% DA GERMINAÇÃO
T₁ S₁ - ÁGUA DO BARREIRO SEM TRATAMENTO C/ FUNCIONAMENTO CONTÍNUO
T₁ S₂ - ÁGUA DO BARREIRO TRATADA COM 100 ppm de SULFATO DE ALUMÍNIO COM FUNCIONAMENTO CONTÍNUO

AI - UNIDADE DO SOLO ANTES DA IRRIGAÇÃO

1 - PONTO A 07cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA
2 - PONTO A 20cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA
3 - PONTO A 35cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA
4 - PONTO A 50cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA
5 - PONTO A 65cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA

FIG. 30 - DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO, EM % DE UNIDADE APROVEITÁVEL NO TEMPO E NO ESPAÇO AO REDOR DAS CAPSULAS POROSAS EM QUATRO FASES DO CULTIVO.



PMF - PONTO DE MURCHA PERMANENTE
CC - CAPACIDADE DE CAMPO
c - DETERMINADA A 50% DA FLORAÇÃO
d - DETERMINADA NA 1ª COLHEITA
T₁ S₁ - ÁGUA DO BARREIRO TRATADA COM 100 ppm de SULFATO DE ALUMÍNIO, COM FUNCIONAMENTO CONTÍNUO

T₁ S₃ - ÁGUA DO BARREIRO SEM TRATAMENTO COM FUNCIONAMENTO CONTÍNUO
1 - PONTO A 07cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA
2 - PONTO A 20cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA
3 - PONTO A 35cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA
4 - PONTO A 50cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA
5 - PONTO A 65cm DO EIXO VERTICAL DA CAPSULA

FIG. 31 - DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DE ÁGUA NO SOLO, EM % DE UNIDADE APROVEITÁVEL, NO TEMPO E NO ESPAÇO AO REDOR DAS CAPSULAS POROSAS, EM QUATRO FASES DO CULTIVO.

na superfície, mudando gradualmente para barro-arenoso; poroso, friável, estrutura em bloco subangular, muito ácido abaixo da superfície; aparece mosqueado proeminente, a partir de 50 cm da superfície; não apresenta compactação dentro dos primeiros 150 cm.

Tipo de solo onde foram realizados os estudos por Pires & Silva (1982). Solo moderadamente profundo (60 cm), amarelo, arenoso à superfície; apresenta camada de seixo de quartzo e concreções de ferro a partir de 40 cm; muito ácido, mosqueado, usualmente, acima da camada de seixos, considerada a fase rasa dos latossolos da região.

As variações entre tipos de solo, associadas a temperaturas máximas e elevadas superiores a 35°C, têm demonstrado a necessidade de aumentar-se a liberação de água das cápsulas porosas, para mais de 5 l/dia. No mesmo tipo de solo, estudos recentes indicaram que uma liberação de água, em torno de 10 l/dia, para oito plantas de milho por unidade porosa, não foi suficiente para produzir satisfatoriamente.

A título de informação técnica, citam-se as produções médias de caupi obtidas por Pires & Silva (1982) e suas funções de produção por Tratamento (T) e testemunha irrigada convencionalmente, como se verifica na Figura 32, cujas equações podem servir para estimar a produção de caupi, em função da quantidade de água liberada por cápsula porosa.

Com base nas considerações técnicas realizadas de maneira simplificada, o método de irrigação por cápsulas porosas sob pressão hidrostática, é tecnicamente viável em áreas com limitada disponibilidade de água, onde poderão ser exploradas culturas de subsistência e hortaliças, por pequenos e médios produtores. Entretanto, precisam-se, ainda, desenvolver trabalhos, visando testar a durabilidade do sistema, dentro da linha iniciada por Pires & Silva (1982). Também recomenda-se desenvolver trabalhos visando diminuir os custos do sistema e o seu comportamento em diferentes condições edafo-climáticas.

Nas Tabelas 21, 22 e 23, apresenta-se a estimativa de custos e rendimentos médios anuais dos cultivos irrigados por cápsulas porosas.

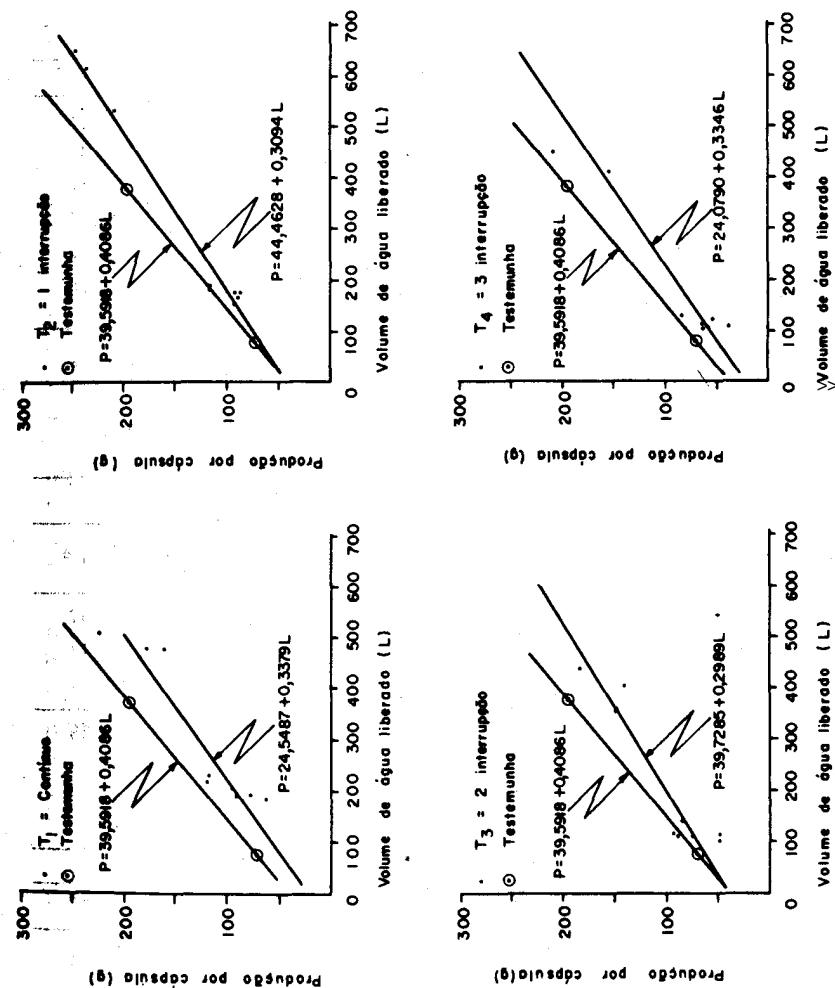


FIG.32 CORRELAÇÃO ENTRE O VOLUME DE ÁGUA LIBERADO, EM LITROS, POR CADA UNIDADE POROSA, COM AS CORRESPONDENTES PRODUÇÕES DE GRÃOS DE CAUPI EM GRAMAS.

TABELA 21. Custos de implantação do sistema por hectare.

Descrição	Unidade	Quantidade	Preço (Cr\$)	Total	
				Cr\$	U.S.\$ ^a
Cápsulas porosas	um	2.500	40,00	100.000,00	740.74
Eletrotubo de 1/2" de Ø	metro	5.500	20,00	110.000,00	814.81
Eletrotubo de 1" de Ø	metro	100	30,00	3.000,00	22.22
Cola	-	-	-	8.000,00	59.26
Filtro (se necessário)	-	-	-	5.000,00	37.04
Mão-de-obra familiar	H/D ^b	50	400,00	20.000,00	148.15

^a 1 dólar = Cr\$ 135,00

Total 246.000,00 1,822.22

^b H/D = Homem/Dia

TABELA 22. Rendimento médio anual do sistema com culturas alimentares

Cultura	Produção por cápsula (kg/cápsula)	Produção por Área (kg/ha)	Preço (kg)	Total	
				Cr\$	U.S.\$ ^a
Milho	0,70	1.750	25,00	43.750,00	324.07
Caupi	0,60	1.500	100,00	150.000,00	1,111.11
Caupi	0,60	1.500	100,00	150.000,00	1,111.11

^a 1 dólar = Cr\$ 135,00

Total 343.750,00 2,546.29

TABELA 23. Rendimento médio anual do sistema com rotação de culturas

Cultura	Produção (kg/cápsula)	Produção (kg/ha)	Preço (kg)	Total	
				Cr\$	U.S.\$ ^a
Melancia	19,00	47.500	5,00	237.500,00	1,759.26
Milho	0,70	1.500	25,00	37.500,00	277.78
Caupi	0,60	1.500	100,00	150.000,00	1,111.11

^a 1 dólar = Cr\$ 135,00.

Total 425.000,00 3,148.15

RISCO DA AGRICULTURA DEPENDENTE DE CHUVA

Segundo Kampen (1979), a única fonte de água para a agricultura dependente de chuva é a precipitação pluviométrica caída na área. Por sua vez, a chuva é um fenômeno aleatório e imprevisível, a nível de propriedade rural, apresentando uma grande variabilidade no espaço e no tempo. Portanto, é excessivamente arriscada a atividade agrícola no TSA, Dillon et al. (1978). Isto é verdade, principalmente para a agricultura de subsistência, Mesquita (1978).

No caso específico de Petrolina, PE, onde a precipitação média anual é de 400 mm, o risco de perda envolvido na exploração de uma cultura de ciclo curto é de 90%, Liu et al. (1978). Em outras palavras, isto significa que as chances de sucesso são muito remotas, ou seja, uma em cada dez anos.

Considerando o risco a que está exposta a exploração agrícola no TSA, o manejo de solo e água, a nível de pequenas e médias propriedades rurais, deve ser enfatizado como uma maneira de reduzir sensivelmente os riscos, estabilizando e aumentando a produtividade agrícola.

A diversidade de situações agroclimáticas e sócio-econômicas encontradas no TSA não permite o estabelecimento de normas rígidas. Daí o CPATSA ter, como preocupação básica, a geração e adaptação de tecnologias em escala regional, procurando sempre transmitir seus resultados, através de parâmetros relativos. Por outro lado, cabem às Unidades Estaduais e outras instituições de pesquisa, as adaptações a nível local.

Modelo simulado para avaliar as chances de sucesso na exploração agrícola

Sendo a água o fator limitante na agricultura dependente de chuva do TSA, as técnicas de aproveitamento do esgoto são imprescindíveis para uma utilização mais efetiva deste recurso.

Objetivando um planejamento racional na transferência de tecnologia em manejo de solo e água, o CPATSA está de

envolvendo um modelo simulado que permite avaliar as chances de sucesso na exploração de culturas de caupi, milho, sorgo e algodão herbáceo. Ao mesmo tempo, este modelo analisa o déficit hídrico sofrido pelas culturas e a potencialidade de produção de escoamento superficial, para diferentes épocas de plantio, conforme exemplifica-se na Tabela 24.

A simples inspeção visual da Tabela 24 e da Figura 33 permite identificar os períodos de plantio com maiores chances de êxito. Para Irecê, BA, o máximo sucesso que pode ser esperado com a cultura do feijão é da ordem de 35%, ou seja, em uma sequência de dez anos, em seis é esperado haver frustração de safra e em apenas quatro o produtor terá êxito. Também pode ser identificado que o melhor período de plantio vai de 62 a 64 dias (Tabela 24), ou seja, nos primeiros quinze dias de novembro.

O déficit médio sofrido pela cultura, durante todo o seu ciclo, foi de 75 mm, o que confirma a hipótese de Silva, Porto & Gomes (1981).

Por outro lado, a potencialidade de produção do escoamento superficial, para este mesmo período de plantio, é da ordem de 150 mm.

Portanto, a captação, armazenamento do escoamento superficial e sua posterior utilização, através das técnicas descritas anteriormente, pode reduzir significativamente as chances de perda da cultura na região semi-árida.

ESTRATÉGIA PARA EXPLORAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO TSA

Na última década, várias instituições internacionais, tais como ICRISAT, na Índia, IDRICAT (1975/76), IITA, na Nigéria, Okigho (1974), IRRI, nas Filipinas, Harwood (1974 a e 1974 b) e o CIAT, na Colômbia, Francis (1974), têm preconizado a exploração das atividades agrícolas dentro de um enfoque sistêmico.

Segundo Queiroz (1978), a pesquisa agropecuária no Brasil tem sofrido modificações substanciais nos últimos cinco anos, principalmente no Nordeste. Como conceito básico, tem-se adotado o enfoque sistêmico, proposto por Kampen (1979), EMBRAPA (1975), Tourte (1980) e Queiroz (1979). Mesmo assim, algumas tecnologias são difundidas

TABELA 24. Estimativa da frequência dos níveis de rendimento, excedente e déficit de água para o feijão mulatinho, em diferentes épocas de plantio - Irecê-BA, Brasil.

Período (5 Dias)	Total de Casos	Tipo de Resultado (%)				Runoff Médio (mm)	Deficit Médio (mm)
		Mau M	Reg. R	Bom B	Aceit. I=R+B		
59	29	93.10	6.90	0.0	6.90	106.6	95.8
60	29	89.66	10.34	0.0	10.34	114.9	86.4
61	29	75.86	24.14	0.0	24.14	123.0	79.4
62	29	68.97	31.03	0.0	31.03	139.5	74.5
63	29	65.52	34.48	0.0	34.48	153.3	73.5
64	29	65.52	31.03	3.45	34.48	163.6	75.1
65	29	72.41	27.59	0.0	27.59	156.5	78.3
66	29	79.31	20.69	0.0	20.69	148.0	82.3
67	29	82.76	13.79	3.45	17.24	137.5	85.9
68	29	72.41	24.14	3.45	27.59	118.3	89.0
69	29	86.21	10.34	3.45	13.79	121.1	93.2
70	29	86.21	13.79	0.0	13.79	122.8	97.0
71	29	86.21	13.79	0.0	13.79	121.0	98.9
72	29	86.21	10.34	3.45	13.79	117.4	101.0
73	29	89.66	6.90	3.45	10.35	109.0	103.3
1	29	93.10	3.45	3.45	6.90	103.3	106.4

FONTE: CPATSA.

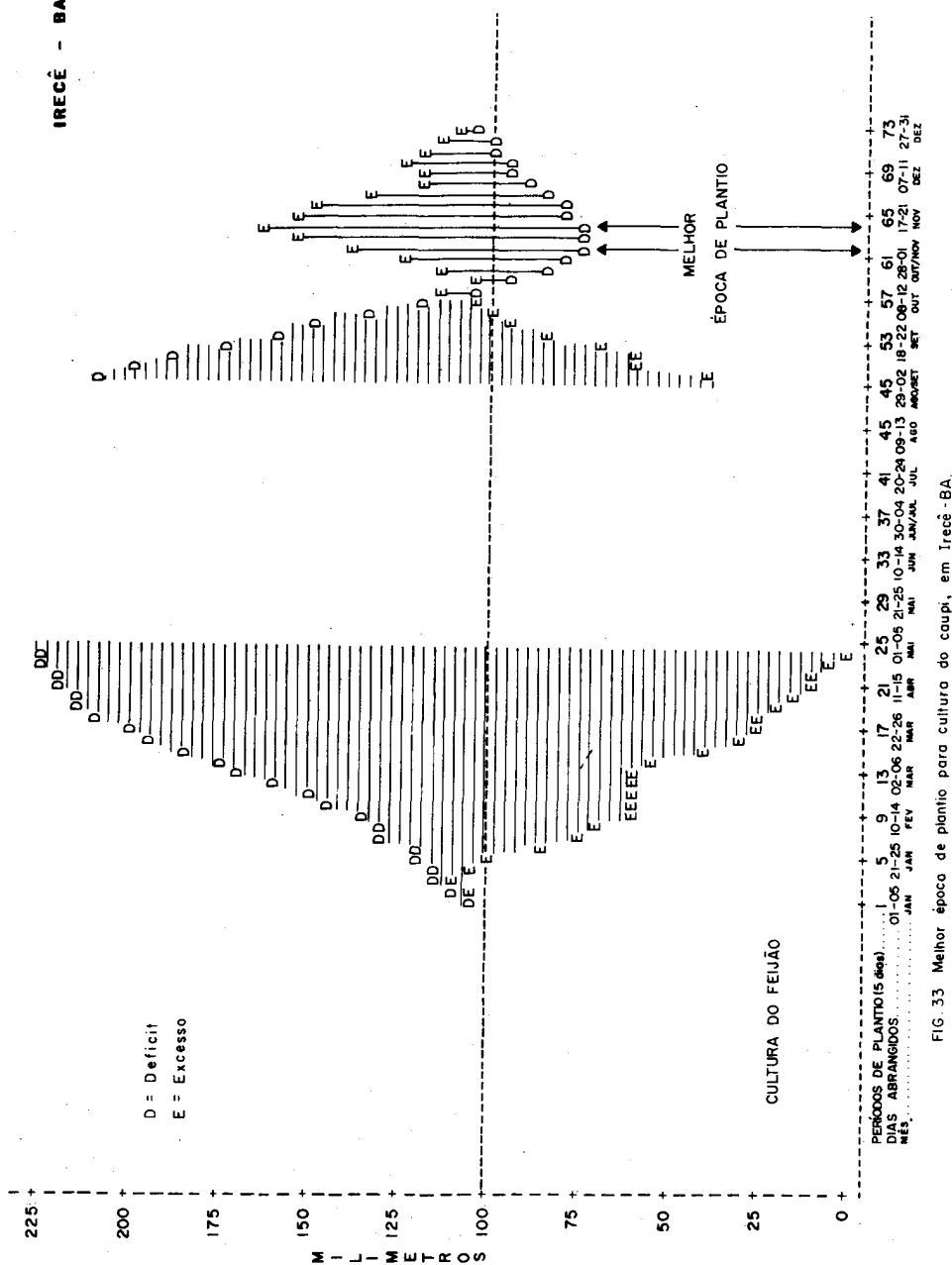


FIG. 33 Melhor época de plantio para cultura do caupi, em Irecê - BA.

isoladamente, sem se considerar os aspectos globais que poderão tornar as propriedades agrícolas do TSA nordesti no mais resistentes aos efeitos das secas periódicas, CPATSA (1979) e EMBRAPA (1981).

No enfoque do CPATSA, a utilização e conservação dos recursos hídricos constituem-se um dos componentes do sistema agrícola e, como tal, não deve ser implementado isoladamente, mas sim em harmonia com os demais. Isto porque, além de considerar-se o requerimento de água para a produção vegetal, deve-se levar em conta, também, o consumo familiar e animal, a fim de não se comprometer o atendimento às necessidades totais de água da propriedade, principalmente quando esse recurso for escasso no imóvel.

Neste sentido, o Serviço de Extensão Rural e o CPATSA-EMBRAPA vêm desenvolvendo esforços, juntamente com outras instituições, objetivando testar as tecnologias mencionadas anteriormente, a nível de produtor, em sistemas integrados de exploração, estabelecendo uma estratégia racional para sua implementação.

A estratégia baseia-se na definição de módulos médios irrigáveis em propriedades rurais de 10, 30, 60 e 100 ha, localizadas no Trópico Semi-Árido brasileiro, considerando o tipo e característica da fonte de água, método de irrigação, localização da área irrigável e época da exploração agrícola, conforme se verifica nas Tabelas 25 e 26, segundo Silva & Porto (1981).

Analisando-se as Tabelas 25 e 26, observa-se que ocorrem variações nos módulos médios irrigáveis, de acordo com o tipo e a característica da fonte, o que sugere qual o método e a característica da irrigação mais recomendáveis para cada tamanho de propriedade. Estas variações são mais significativas quando se consideram as limitações técnicas próprias de cada sistema de irrigação. Por isto, pode-se afirmar que existem métodos de aplicação de água adequados para cada situação e que os métodos de irrigação por sulcos de infiltração e mangueiras, ou tubos de PVC, são os que apresentam maior potencial de utilização nos diferentes tamanhos de propriedades agrícolas do TSA. Vale salientar que o método de irrigação por potes de barro não foi incluído nas Tabelas 25 e 26, porque, no momento, está sendo recomendado apenas para o uso em hortas fami

TABELA 25. Alternativas de exploração da "Pequena Irrigação", no Trópico Semi-Árido considerando o tamanho da propriedade, tipo e característica da fonte de água, módulo, método e tipo de irrigação, época e localização da área irrigável.

Alternativas (Nº)	Área da propriedade (ha)	Tipos de Fonte	Característica da fonte	Módulo Médio Irrigável	Métodos de Irrigação Sugeridos ^a	Tipo de Irrigação	Época de Utilização	Localização
1	10	Poço ^b	Perene	0,5	Si, M, A e G	Convencional	Verão	- Área irrigável circ. ao poço
2		Poço	Perene	0,5	Si, M, A e G	Suplementar	Inverno	- Circunvizinha ao poço
3		Rio	Perene	0,5	Si, M, A e G	Convencional ^c	Verão	- À margem do rio
4		Rio	Perene	0,5	Si, M, A e G	Suplementar	Inverno	- À margem do rio
5		Açude	Perene	0,5	Si, M, A e G	Convencional	Verão	- À montante do açude
6		Açude	Perene	0,5	Si e M	Suplementar	Inverno	- À montante do açude
7		Rio	Tempor.	0,5	Si e M	Salvação	Inverno	- À margem do Rio
8		Barreiro	Tempor.	0,5	Si e M	Salvação	Inverno	- À jusante do barreiro(SAES)
9		Açude	Tempor.	0,3	Si e M	Salvação	Verão	- À margem do açude (vazante)
1	30	Poço	Perene	0,5	Si, M, A e G	Convencional	Verão	- Circunvizinha ao poço
2		Poço	Perene	0,5	Si, M, A e G	Suplementar	Inverno	- Circunvizinha ao poço
3		Rio	Perene	1,0	Si, M, A e G	Convencional ^c	Verão	- À margem do rio
4		Rio	Perene	1,0	Si e G	Suplementar	Inverno	- À margem do rio
5		Açude	Perene	1,0	Si, M e G	Convencional ^c	Verão	- À montante do açude
6		Açude	Perene	1,0	Si, M e G	Suplementar	Inverno	- À montante do açude
7		Açude	Perene	0,5	Si, M e G	Salvação	Verão	- À margem do açude (vazante)
8		Rio	Tempor.	1,0	Si, M e G	Suplementar	Inverno	- À jusante do açude
9		Rio	Tempor.	1,0	Si, M e G	Salvação	Inverno	- À margem do Rio
10		Açude	Tempor.	1,0	Si, M e G	Salvação	Inverno	- À montante do açude
11		Açude	Tempor.	0,5	Si e M	Salvação	Inverno	- À jusante do açude
12		Barreiro	Tempor.	2,0	Si	Salvação	Inverno	- À jusante do barreiro(SAES)

^a Si = Sulcos de infiltração; M = Mangueira ou tubos de PVC; A = Aspersão; G = Gotejamento

^b Poço Amazonas

^c A propriedade tem acesso a um açude ou rio perene com água abundante para irrigação.



TABELA 26. Alternativas de exploração de "Pequena Irrigação" no Trópico Semi-Árido, considerando o tamanho da propriedade, tipo e característica da fonte de água, módulo, método, tipo de irrigação, época e localização da área irrigável.

Alternativas (Nº)	Área da Pvo. propriedade (ha)	Tipos de Fonte	Característica da Fonte	Módulo Médio Irrigável	Métodos de Irrigação Sugeridos ^a	Tipo de Irrigação	Época de Utilização	Localização
01	60	Poço ^b	Perene	1,0	Si; M; Ab e G	Convencional	Verão	- Área irrigável circ. ao poço
02		Poço	Perene	1,0	Si; M; Ab e G	Suplementar	Inverno	- Circunvizinha ao poço
03		Rio	Perene	2,0	Si; M e G	Convencional ^c	Verão	- À margem do rio
04		Rio	Perene	2,0	Si; M e G	Suplementar	Inverno	- À margem do rio
05		Açude	Perene	2,0	Si; M; Ab e G	Convencional ^c	Verão	- À montante do açude
06		Açude	Perene	2,0	Si; M e G	Suplementar	Inverno	- À montante do açude
07		Açude	Perene	2,0	Si; M; Ab e G	Convencional ^c	Verão	- À jusante do açude
08		Açude	Perene	2,0	Si; M; A e G	Suplementar	Inverno	- À jusante do açude
09		Açude	Perene	1,0	Si e M	Salvação	Verão	- À margem do açude (vazante)
10		Rio	Tempor.	2,0	Si e M	Salvação	Inverno	- À margem do rio
11		Açude	Tempor.	2,0	Si e M	Salvação	Inverno	- À montante do açude
12		Açude	Tempor.	1,0	Si e M	Salvação	Inverno	- À jusante do açude
13		Açude	Tempor.	1,0	Si e M	Salvação	Verão	- À margem do açude (vazante)
14		Barreiro	Tempor.	2,0	Si	Salvação	Inverno	- À jusante do barreiro(SAES)
01	100	Poço	Perene	1,0	Si; M; A e G	Convencional	Verão	- Área irrigável circ. ao poço
02		Poço	Perene	1,0	Si; M; A e G	Suplementar	Inverno	- Circunvizinha ao poço
03		Rio	Perene	5,0	Si; M; A e G	Convencional ^c	Verão	- À margem do rio
04		Rio	Perene	5,0	Si; M; A e G	Suplementar	Inverno	- À margem do rio
05		Açude	Perene	3,0	Si; M; A e G	Convencional ^c	Verão	- À montante do açude
06		Açude	Perene	3,0	Si; M; A e G	Suplementar	Inverno	- À montante do açude
07		Açude	Perene	1,0	Si; M; A e G	Convencional	Verão	- À jusante do açude
08		Açude	Perene	1,0	Si; M; A e G	Suplementar	Inverno	- À jusante do açude
09		Rio	Tempor.	5,0	Si; M; C e A	Salvação	Verão	- À margem do rio
10		Açude	Tempor.	3,0	Si; M; C e A	Salvação	Inverno	- À montante do açude
11		Açude	Tempor.	1,0	Si; M; A e G	Salvação	Inverno	- À jusante do açude
12		Açude	Tempor.	1,0	Si; M	Salvação	Verão	- À margem do açude (vazante)

^a Si = Sulcos de infiltração; M = Mangueiras ou tubos de PVC; A = Aspersão; G = Gotejamento

^b Poço Amazonas

^c A propriedade tem acesso a um açude ou rio perene com água abundante para irrigação.

liares e pomares caseiros, enquanto o método de irrigação por cápsulas porosas ainda está em fase experimental.

No Anexo 4, encontra-se uma relação de componentes dos diferentes sistemas de aproveitamento de água de chuva do escoamento superficial, que servem de suporte à estratégia de uso dos recursos hídricos do TSA.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na região semi-árida do Nordeste do Brasil, onde a instabilidade climática é representada, principalmente, pela extrema irregularidade de distribuição das chuvas, tornando a agricultura uma atividade de alto risco, as tecnologias discutidas nesse trabalho apresentam grande potencial para adoção entre pequenos e médios produtores rurais de regiões áridas e semi-áridas similares, porque aumentam a probabilidade de sucesso na estabilização da produção de alimentos em pequenas áreas agrícolas.

A instabilidade climática no Trópico Semi-Árido brasileiro (TSA), afetando, mais ou menos, os diferentes segmentos de uma propriedade, exige que as intervenções planejadas para essa região considerem a interdependência desses segmentos. Por isso, a utilização e conservação dos recursos hídricos constituem-se apenas um dos componentes dessa intervenção, não devendo, pois, ser contempladas isoladamente, mas de forma integrada com outros componentes que visem fortalecer, não só o segmento agrícola, como também o de produção animal e o familiar.

A heterogeneidade de situações agroclimáticas e sócio-econômicas no TSA exige adaptações, a nível local, das tecnologias de utilização e conservação dos recursos hídricos. Além disto, a otimização do uso dos recursos hídricos disponíveis deve considerar os tipos de fontes d'água, os métodos de irrigação, a época de utilização do manancial, os módulos médios irrigáveis e as necessidades totais das propriedades rurais, localizadas em regiões áridas e semi-áridas.

AGRADECIMENTOS

Aos Drs. Renival Alves de Souza, Chefe do CPATSA, Antônio José Simões, Chefe Adjunto Técnico, Pedro Maia e Silva, Chefe Adjunto de Apoio, Manoel Abílio de Queiroz e José Ribamar Pereira, ex-Chefes Adjuntos Técnicos do CPATSA, William Tse-Horn Liu, Octávio Pessoa Aragão e Paulo Anselmo Andrade Aguiar, ex-Coordenadores do Programa Nacional de Pesquisa de Aproveitamento dos Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Trópico Semi-Árido, pelo incentivo e colaboração de caráter técnico-científico; aos colegas pesquisadores da Equipe de Sequeiro e de Áreas Irrigadas, pelas críticas construtivas, incentivo e apoio técnico constantes; ao Dr. Eduardo Assis Menezes, pesquisador do CPATSA, pela colaboração na revisão deste trabalho; ao Dr. Carlos Alberto Vasconcelos, Estatístico do CPATSA; ao Dr. Ébis Dias Santos, da EMBRATER, pela contribuição no desenvolvimento do método de irrigação por cápsulas porosas; ao Dr. José Venilson de Araújo, da CECASA - Cerâmica do Cariri S/A, Barbalha, CE, pelo apoio técnico-científico e fornecimento de cápsulas porosas; aos colegas da Coordenadoria de Difusão de Tecnologia, dos Setores de Suporte Datilográfico, Desenho e Campos Experimentais, pela constante colaboração.

Agradecemos ainda à UNESCO, pelo convite para participarmos da Reunião para Elaboração do Projeto Regional Maior; ao Dr. José Barrios, Especialista do IICA em Conservação e Manejo de Terras e Águas, pelo reconhecimento de nossos trabalhos em "potes de barro (moringas) e cápsulas porosas", indicando-nos à UNESCO; ao IICA, à EMBRAPA/CPATSA e à COBRAPHI, pela oportunidade e apoio logístico para participarmos de tão relevante Reunião. À Extensão Rural e ao PROJETO SERTANEJO-SUDENE, pelo estímulo e transferência dos resultados de nossas pesquisas; aos Produtores Rurais, objetivo final de nosso trabalho, e, enfim, a todos que, de alguma forma, direta ou indiretamente, participaram nos últimos cinco anos da geração técnica das informações apresentadas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, O.P. **Alternativa para estabilização da agricultura de sequeiro**. Petrolina, EMBRAPA/CPATSA, 1980. 6p. (EMBRAPA/CPATSA. Documento, 5).
- ARAÚJO, J.P.; COELHO, M.B. & QUEIROZ, M.A. **Informações sobre a cultura do melão**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1978. 4p. (Uso interno).
- BARBOSA, A.R.; LYRA, H.A. de; FREITAS, M.L. de & HOLANDA, P.E.M. de. **As vazantes e a tecnologia de produção**. Natal, RN., EMATER, 1980. 17p.
- BARRIOS, J. Utilização de princípios e técnicos de gotejamento no delineamento de uma metodologia de irrigação adequada às regiões semi-áridas. In: SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO, 3., Campinas, SP., 1979. **Seminário...** (Campinas, SP, 1979. n.p.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Movimento del agua en el suelo. In: _____. **Física de suelos**. Trad. de Jorge Manuel Rodríguez Y Rodríguez, 4. ed. México, D.F., Hispano-Americana, 1973. 529p.
- BRASIL. Ministério do Interior. Comportamento dos principais sistemas de produção da zona semi-árida. In: _____. **Plano integrado para o combate preventivo aos efeitos das secas do Nordeste**. Brasília, DF., 1973. Cap. 3., p. 111-12. (BRASIL-MINTER. Desenvolvimento Regional. Monografias, 1).
- BRASIL. SUDENE. **Programa Especial de Apoio ao Desenvolvimento da Região Semi-Árida do Nordeste: Projeto Sertanejo**. Recife, 1977. 76p. il.
- BRASIL. SUDENE. **Relatório Anual**. Recife, PE, 1977. 82p.
- BRASIL-SUDENE. Departamento de Recursos Naturais. **Recursos Naturais do Nordeste; investigação e potencial** (Sumário). Recife, PE., 1972. 108p.

- CATÃO, A.J.C. **Evaluacion del metodo del riego por aspersión, basado em patrones de aplicacion**. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1975. 176p. Tese Mestrado.
- CHOUDHURY, E.N. & MILLAR, A.A. **Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1979. 13p. Não publicado.
- CLUFF, C.B. The use of the compartmented reservoir inwater harvesting agrisystems. In: INTERNATIONAL ARID LANDS CONFERENCE ON PLANT RESOURCES, Lubbock, Texas, 1979. **Proceedings...** Lubbock, Texas Tech University, 1979. p. 482-500.
- COMISSÃO BRASILEIRA PARA O PROGRAMA HIDROLÓGICO INTERNACIONAL, Brasília, DF. **O Projeto Regional Maior e a Região Semi-Árida do Brasil; documento preliminar para revisão e comentários até 04.02.82 na reunião da COBRAPHI**. Brasília, 1982. 1 V. il.
- CONSTANTIN, R.J.; HERNANDEZ, T.P. & JONES, L.G. Effects of irrigation and nitrogen fertilization on quality of sweet potatoes. **J. Soc. Hortic. Sci.**, 99(4):308-10, 1974.
- DAKER, A. **Água na agricultura; irrigação e drenagem**. 4. ed. Rio de Janeiro. Freitas Bastos, 1970. V. 3, 453p. il.
- DUQUE, J.G. Algumas questões da exploração de açudes públicos. In: _____. **Solo e água no polígono das secas**. 4. ed. Fortaleza, CE., DNOCS, 1973. p.129-56. (DNOCS. Série I-A. Publicação, 154).
- EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, Brasília, DF. **Descrição de alguns sistemas de exploração agropecuária na região semi-árida**. (Versão preliminar) Brasília, DF. 1981. n.p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **O Trópico Semi-Árido do Nordeste - características gerais à pesquisa em desenvolvimento no CPATSA**. Petrolina, PE., 1978. 77p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Project for establishing a Center for Agricultural and Livestock Research for the Semi-Arid Tropics (CPATSA)**, Petrolina, PE. 1975. 21p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Relatório Técnico Anual do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido 1977-1978**. Brasília, EMBRAPA-DID, 1979. 133p. il.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE, Natal-RN. **Relatório Técnico Anual do PDRI - Algodão Arbóreo**. Caicó, EMPARN, Unidade Regional de Pesquisa de Caicó, 1978. 26p.

EMPRESA PERNAMBUCANA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, Recife, PE. **Relatório anual de atividades - 1978**, Recife, PE, 1978. 55p. il.

FERNANDES, J.B.; OLIVEIRA, J.F. & HOLANDA, J.S. **Competição de Cultivares de Feijão Vigna Consorciado com Batata-Doce em Leitões de Rio**. Caicó, EMBRAPA/UEAPE de Caicó, 1980. 4p. (EMBRAPA/UEPAE de Caicó. Comunicado Técnico, 2).

FRANCIS, C.A. Impact of new technology on small - farm agriculture. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON FARMING SYSTEMS, Hyderabad, India, 1974. **International workshop on farming systems**. Hyderabad, India, ICRISAT, 1975. p. 433-41.

FREIRE, E.C.; MOREIRA, J. de A.N. & MEDEIROS, L.C. de. Desafios tecnológicos e ações de pesquisa na agricultura de sequeiro da região semi-árida do Brasil. **Rev. econ. Rural**, Brasília, DF., 19(3):425-64, jul./set. 1981.

GALVÃO, J.D. & PATERNIANI, E. Comportamento comparativo entre o milho piranão e milhos normais em diferentes densidades de semeadura e níveis de nitrogênio. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 10., Sete Lagoas-MG, 1974. **Anais...** Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS/EPAMIG, 1974. p.116-27.

GARCIA REAL, C.A. **Efecto del riego por succión sobre la potencialidad de rendimiento de la fresa y eficiencia en el uso del agua**. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 57p. Tese Mestrado.

GOLBERG, S.D. **Conceptos modernos sobre irrigacion**. Rehovot, Israel, Universidad Hebrea, Departamento de Irrigacion, 1974. 12p.

GOMES, G.M. A política de irrigação no Nordeste: intensões e resultados. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, 9(2):411-46, 1979.

GUERRA, P. de B. **Açudes públicos do Nordeste; relação dos reservatórios construídos até 1979**. Fortaleza, DNOCS, 1980. 21p.

GUERRA, P. de B. Agricultura de Vazantes - um modelo agrônomo nordestino. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, CE., 1975. **Anais**. Fortaleza, MINTER-DNOCS/ABID, 1976. v.4. p.325-30.

HARWOOD, R.R. Resource utilization approach to cropping systems improvement. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON FARMING SYSTEMS, Hyderabad, India, 1974. **International Workshop on farming systems**. Hyderabad, India, ICRISAT, 1975. p.249-60.

HARWOOD, R.R. Transfer of crop production technology from arch International Research Centers in Developing Countries - the IRRI experience. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON FARMING SYSTEMS, Hyderabad, India, 1974. **International workshop on farming systems**. Hyderabad, India, ICRISAT, 1975. p.525-8.

HILLEL, D. The state of water in the soil. In: . **Soil and water; physical principles and processes**. New York, Academic Press, 1971. cap. 3. p.49-77.

- HOLANDA, J.S. de; FONSECA, F. das C.E.; LYRA, H.J.A. de; LEITE, L.A. de S. & LEONEL NETO, M. **Recomendações técnicas para agricultura de vazantes**. Natal, RN, EMPARN, 1981. 23p. (EMPARN. Boletim Técnico, 3).
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. Departamento de Cadastro e Tributação, Brasília, DF. **Sistema nacional de cadastro rural. Cadastro de imóveis rurais. Estatísticas cadastrais. Base recadastramento 1972**. Brasília, DF., 1974. v.1.
- INTERNATIONAL COURSE ON LAND DRAINAGE, Wageningen, Netherlands. **Drainage principles and applications; theories of field drainage and watershed runoff**. Wageningen, 1973. V.2, 374 p. il. (ILRI. Publication, 16).
- INTERNATIONAL CROPS RESEARCH INSTITUTE FOR THE SEMI-ARID TROPICS, Hyderabad, India. **Annual Report 1975-1976**. Hyderabad, s.d. 233 p. il.
- IRRIGAÇÃO na pequena propriedade. Rev. bras. Ext. Rural, Brasília, DF., 1(2):6-16, 1980.
- ISRAELSEN, O.W. & HANSEN, V.E. **Principios y aplicaciones del riego**; obra que comprende todas las fases del riego, desde las fuentes y alumbramiento del agua hasta el aspecto social y administrativo del regadio. Trad. de Alberto Garcia Palacios. 2. ed. Barcelona, Reverte, 1973. 396p. il.
- KAMPEN, J. **Farming systems research and technology for the semi-arid tropics**. Hyderabad, India, ICRISAT, 1979, 39p.
- KRAMER, P.J. **Relaciones hídricas de suelo y plantas; una síntesis moderna**. Trad. de Leonor Tejada. México, DF., Edutex. 1974. 538p. il.
- LIRA SALDIVAR, H. & TORRES BERNAL, C. **Determinación del calendario óptimo de riegos para dos híbridos de maíz en el valle del yaqui, Sonora**. Mexico, Centro de Investigaciones Agrícolas del Nordeste, Campo Agrícola Experimental de Valle del Yaqui, 1977. 21p.

- LIU, W.T. **Runoff farming in Northeast Brazil**. Petrolina EMBRAPA/CPATSA, 1978. 11p.
- LIU, W.T.H.; GARAGORRY, F.L. & LIU, B.W.H. **Analysis of agricultural risk based on the information of climate, soil and crop conditions**. Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1978. 12p.
- MAGALHÃES, A.A.; MILLAR, A.A. & CHOUDHURY, E.N. **Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção de feijão**. s.n.t. 1977. 15p. No prelo.
- MICHAEL, A.M.; MOHAN, S. & SWAMINTHAN, K.R. **Design and evaluation of irrigation methods**. New Delhi, ICAR, 1972. 127p. il.
- MONDAL, R.C. **Farming with a pitcher, a technique of water conservation**. *World Crops*, 26(2):94-7, mar./abr. 1974.
- MONDAL, R.C. **Pitcher farming is economical**. *World Crops*, 30(3):124, may/jun. 1978.
- MORAES, V.D.F. **Uso de águas soladas para riegos de cultivos por succión**. Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1978. 126p. Tese Mestrado.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, Washington EUA. **More water arid lands: promising technologies and research opportunities**. Washington, 1974. 153p. il.
- OKIGBO, B.N. **The IICA farming systems program**. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON FARMING SYSTEMS, HYDERABAD, India, 1974. **International workshop on farming systems**. Hyderabad, India, ICRISAT, 1975. p. 261-76.
- OLGUIN PALÁCIOS, C. **Observaciones sobre el efecto del riego por succión en el rendimiento de maíz (Variedad H-507), en el Distrito de Riego nº 41, Rio Yaqui, Sonora**. Chapingo, Mexico, ENA, 1976. 18p.
- OLGUIN PALÁCIOS, C. **Riego por succión; descripción del método y avances en la investigación**. s.n.t. 17p. Trabalho apresentado no 1º Seminário Nacional de Riego por Gotejo, Hermosillo, Sonora, 1975.

- OLIVEIRA, F.T.G. de & SILVA, J.B. da. **Retorno do investimento em pesquisa feita pela EMBRAPA: Contribuição ao controle dos efeitos da seca no Nordeste.** Brasília, DF, EMBRAPA/DID, 1981. 26p.
- PEREIRA, J.M. de A. & SOUZA, R.A. de. **Mapeamento detalhado da área de Bebedouro.** Petrolina, PE.; SUDENE, 1967. 57p. il.
- PIRES, T.S. & SILVA, A. de S. **Redução na liberação de água em cápsulas porosas.** Petrolina, PE., 1982. Inédito.
- PONTES, J.O. O DNOCS e a irrigação do Nordeste. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 3., Fortaleza, CE, 1975. **Anais...** Fortaleza, MINTER-DNOCS/ABID, 1976. v.1. p. 34-42.
- PORTO, E.R.; GARAGORRY, F.L., MOITA, A.W. & SILVA, A. de S. **Modelo para avaliação do risco climático na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) no Trópico Semi-Árido.** Petrolina-PE, EMBRAPA/CPATSA, 1981. 4p. Trabalho apresentado no 2º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Pelotas, RS., jul. 1981.
- QUEIROZ, M.A. de. **Agricultural research for semi-arid Northeast Brazil.** s.l., Instituto Ítalo Latino Americano, 1979. 16p. (IICA. Documento, 8).
- QUEIROZ, M.A. de.; COSTA, S.N. da.; LOPES, L.H. de. O. & LISBOA, A.S. **Influência da época de plantio sobre a produção de grãos em condições de cultivo irrigado no sub-médio São Francisco.** In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO E SORGO, 10., Sete Lagoas, MG, 1974. **Anais...** Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS/EPAMIG, 1974. p.63-5.
- REBOUÇAS, A. da C. & MARINHO, M.E. **Hidrologia das secas do Nordeste do Brasil.** Recife, SUDENE-DRN, Divisão de Hidrologia, 1972. 126p. (BRASIL. SUDENE. Hidrogeologia, 40).
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola.** São Paulo, McGraw-Hill, 1978. 119p.

- REIS, O.G. **Sistema de irrigação com economia de água; irrigação por potes de barro enterrados.** Brasília, DF, EMBRATER, 1978. 3p. (EMBRATER. Informação técnica sobre Promoção de Produtores de Baixa Renda, 3).
- RENDON PIMENTEL, L. **Desarrollo y calibracion preliminar de um modelo matemático para riego por succión.** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1979. 174p. Tese Mestrado.
- RICHARDS, L.A. & BLOOD, H.L. Some improvements in auto-irrigator apparatus. *J. Agric. Res.*, Washington, 49(2):115-21, jul. 1934.
- SANTOS, E.D. **Determinação de la evapotranspiración en trigo mediante riego por succión.** Chapingo, México, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 107p. Tese Mestrado.
- SILVA, A. de S. **Manejo del agua de riego bajo diferentes metodos de labranza em maiz (*Zea Mays* L.).** Chapingo, Mexico, Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados, 1977. 231p. Tese de Mestrado.
- SILVA, A de S. & MAGALHÃES, A.A. **Efeito da irrigação mínima na produtividade de milho e eficiência no uso de água.** Petrolina-PE, PE. EMBRAPA/CPATSA, 1978. 4p.
- SILVA, A de S.; & MAGALHÃES, A.A. **Estudos preliminares sobre o efeito da irrigação mínima na produtividade do feijão Caupi.** Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA, 1978. n.p.
- SILVA, A. de S.; MAGALHÃES, A.A.; SANTOS, E.D.; MORGADO, L.B. & MARINS, C.E. **Irrigação por potes de barro. Descrição de métodos e testes preliminares.** s.n.t. Trabalho apresentado no 10. Congresso Latino Americano de Ciências Agrícolas - ALCA, Acapulco, México, 1979.
- SILVA, A de S. & PORTO, E.R. **Alguns modelos de pequena irrigação utilizada no Nordeste.** Item, Brasília, DF (6):30-3, set. 1981.

- SILVA, A. de S.; PORTO, E.R. & GOMES, P.C.F. **Seleção de áreas e construção de barreiros para uso de irrigações de salvação no Trópico Semi-Árido.** Petrolina, PE., EMBRAPA/CPATSA, 1981. 43p. (EMBRAPA/CPATSA. Circular Técnica, 3).
- SILVA, A. de S.; PORTO, E.R.; MORGADO, L.B. & MARTINS, C.E. Uma técnica simples de exploração de vazantes de açudes. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Pequena irrigação para o Trópico Semi-Árido: vazantes e cápsulas porosas.** Petrolina, PE, 1981. p. 1-19. (EMBRAPA/CPATSA. Boletim de Pesquisa, 3).
- SILVA, A. de S.; SANTOS, E.D. & MAGALHÃES, A.A. de. **Confecção e testes de cápsulas porosas para métodos de irrigação por sucção.** Recife-PE, EMATER-PE, 17p. (EMATER-PE, Boletim Técnico, 13).
- SILVA, A. de S.; SANTOS, E.D. & MAGALHÃES, de A.A. **Introdução e avaliação do método de irrigação por sucção na região do trópico semi-árido.** Recife, PE, EMATER-PE, 1978. 19p. (Boletim Técnico, 12).
- SILVA, D.A. da. **Irrigação por cápsula porosa: características e avaliação do método sob pressão hidrostática.** Campina Grande, PB, Universidade Federal da Paraíba-CCT, 1980. 67p.
- SILVA, D.A. da.; ARAÚJO, J.V. de.; SILVA, A. de S. & GHEYI, H.R. **Irrigação por cápsula porosa I: confecção de cápsulas e testes de liberação de água.** s.n.t. 19p. Trabalho apresentado no 11º Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Brasília, jun. 1981.
- SILVA, D.A. da.; GHEYI, H.R.; SILVA, A. de S. & MAGALHÃES, A.A. de. Irrigação por cápsulas porosas IV: efeito das diferentes pressões hidrostáticas e populações de plantas sobre a produção do milho. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Pequena irrigação para o Trópico Semi-Árido: vazantes**

- e cápsulas porosas.** Petrolina, PE, 1981. p. 43-59. (EMBRAPA/CPATSA. Boletim de Pesquisa, 3).
- SILVA, D.A. da.; SILVA, A. de S. & GHEYI, H.R. Irrigação por cápsulas porosas III: avaliação técnica do método por pressão hidrostática. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. **Pequena irrigação para o Trópico Semi-Árido: vazantes e cápsulas porosas.** Petrolina, PE, 1981. p. 20-42. (EMBRAPA/CPATSA. Boletim de Pesquisa, 3).
- SILVA, M. A.; MILLAR, A.A.; CHOUDHURY, E.N.; MARTINS, C.E.; BANDEIRA, R.E. & NASCIMENTO, T. **Efeito da lâmina de irrigação e da adubação nitrogenada na produção de grãos de milho.** Petrolina, PE, EMBRAPA/CPATSA, s.d. 15p.
- SINGH, S.D.; GUPTA, J.P. & SINGH, P. Water economy and saline usa by drip irrigation. *Agron. J.*, 70(6):948-51, 1978.
- SNEDECOR, G.W. and COCHRAN, W.G. **Statistical Methods.** 6. ed. Ames, The Iowa State University Press, 1974. 593p.
- SOARES, J.M.; POSSÍDIO, E.L. & PEREIRA, J.R. **Interação entre níveis de irrigação, densidade de plantio e níveis de nitrogênio na cultura da melancia (*Citrullus vulgaris* Schard).** Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA, 1977. 4p.
- SOTERO, A. **Por uma agricultura tropical brasileira; subsídios para uma política de ação.** s.n.t. 40p. Conferência apresentada no 1º Encontro Regional de Agricultura Tropical, Recife, PE, out. 1981.
- STERN, P.H. **Small scale irrigation; a manual of low-cost water technology.** London, Intermediate Technology Publications, 1979. 152p. il.
- TOURTE, R. IRAT approach to development of intensive systems in peasant agriculture; a case study in Senegal. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON FARMING SYSTEMS, Hyderabad, India, 1974. **International Workshop on Farming Systems,** Hyderabad; India, ICRISAT, 1975. p. 529-38.

VAN'T WOUTD, B.D. & HAGAN, R.M. Crop responses at excessively high moisture levels. In: LUTHIN, J.N., ed. *Drainage of agricultural lands*. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1957. p. 514-78. (Agronomy, 7).

VENKATARAMANI, G. *Minor irrigation in Tamil Nadu*. Madras, Sangam Publishers, 1974. 120p. (MIDS. Publication, 8).

ANEXO - 1

TABELA 27. Áreas de captação (Ac) para cisternas destinadas a famílias com diferentes Números de Pessoas (NP), Coeficientes de escoamento superficial (C), da Precipitação média (Pm) e do Volume a ser armazenado na Cisterna (V) - Consumo Humano.

ALTERNA TIVAS	NP	Ac (m ²)	C	Pm (m)	V (m ³)	ALTERNA TIVAS	NP	Ac (m ²)	C	Pm (m)	V (m ³)
1	5	71	0,7	0,30	15	28	5	38	0,8	0,50	15
2	10	143	0,7	0,30	30	29	10	75	0,8	0,50	30
3	15	214	0,7	0,30	45	30	15	113	0,8	0,50	45
4	5	63	0,8	0,30	15	31	5	39	0,7	0,55	15
5	10	125	0,8	0,30	30	32	10	78	0,7	0,55	30
6	15	214	0,8	0,30	45	33	15	117	0,7	0,55	45
7	5	61	0,7	0,35	15	34	5	34	0,8	0,55	15
8	10	122	0,7	0,35	30	35	10	68	0,8	0,55	30
9	15	184	0,7	0,35	45	36	15	113	0,8	0,55	45
10	5	54	0,8	0,35	15	37	5	36	0,7	0,60	15
11	10	107	0,8	0,35	30	38	10	71	0,7	0,60	30
12	15	161	0,8	0,35	45	39	15	107	0,7	0,60	45
13	5	54	0,7	0,40	15	40	5	31	0,8	0,60	15
14	10	107	0,7	0,40	30	41	10	63	0,8	0,60	30
15	15	161	0,7	0,40	45	42	15	94	0,8	0,60	45
16	5	47	0,8	0,40	15	43	5	33	0,7	0,65	15
17	10	94	0,8	0,40	30	44	10	66	0,7	0,65	30
18	15	141	0,8	0,40	45	45	15	99	0,7	0,65	45
19	5	48	0,7	0,45	15	46	5	29	0,8	0,65	15
20	10	95	0,7	0,45	30	47	10	58	0,8	0,65	30
21	15	143	0,7	0,45	45	48	15	87	0,8	0,65	45
22	5	42	0,8	0,45	15	49	5	31	0,7	0,70	15
23	10	83	0,8	0,45	30	50	10	61	0,7	0,70	30
24	15	125	0,8	0,45	45	51	15	92	0,7	0,7	45
25	5	43	0,7	0,50	15	52	5	27	0,8	0,7	15
26	10	86	0,7	0,50	30	53	10	54	0,8	0,7	30
27	15	129	0,7	0,50	45	54	15	80	0,8	0,7	45

ANEXO - 2

TABELA 28. Áreas de captação (Ac) para diferentes valores do Coeficiente de Escoamento (C), da Precipitação média (Pm), do Volume bruto (Vb) a ser armazenado e da Área de plantio (Ap) para o Sistema SAES.- Consumo vegetal.

Ac (ha)	C	Pm (m)	Vb (m ³)	Ap (ha)	Ac (ha)	C	Pm (m)	Vb (m ³)	Ap (ha)
2,5	0,10	0,30	750	0,5	1,5	0,10	0,50	750	0,5
1,7	0,15	0,30	750	0,5	1,0	0,15	0,50	750	0,5
1,3	0,20	0,30	750	0,5	0,8	0,20	0,50	750	0,5
10,0	0,10	0,30	3000	2,0	6,0	0,10	0,50	3000	2,0
6,7	0,15	0,30	3000	2,0	4,0	0,15	0,50	3000	2,0
5,0	0,20	0,30	3000	2,0	3,0	0,20	0,50	3000	2,0
20,0	0,10	0,30	6000	4,0	12,0	0,10	0,50	6000	4,0
13,3	0,15	0,30	6000	4,0	8,0	0,15	0,50	6000	4,0
10,0	0,20	0,30	6000	4,0	6,0	0,20	0,50	6000	4,0
2,1	0,10	0,35	750	0,5	1,4	0,10	0,55	750	0,5
1,4	0,15	0,35	750	0,5	0,9	0,15	0,55	750	0,5
1,1	0,20	0,35	750	0,5	0,7	0,20	0,55	750	0,5
8,6	0,10	0,35	3000	2,0	5,5	0,10	0,55	3000	2,0
5,7	0,15	0,35	3000	2,0	3,6	0,15	0,55	3000	2,0
4,3	0,20	0,35	3000	2,0	2,7	0,20	0,55	3000	2,0
17,1	0,10	0,35	6000	4,0	10,9	0,10	0,55	6000	4,0
11,4	0,15	0,35	6000	4,0	7,3	0,15	0,55	6000	4,0
8,6	0,20	0,35	6000	4,0	5,5	0,20	0,55	6000	4,0
1,9	0,10	0,40	750	0,5	1,3	0,10	0,60	750	0,5
1,3	0,15	0,40	750	0,5	0,8	0,15	0,60	750	0,5
0,9	0,20	0,40	750	0,5	0,6	0,20	0,60	750	0,5
7,5	0,10	0,40	3000	2,0	5,0	0,10	0,60	3000	2,0
5,0	0,15	0,40	3000	2,0	3,3	0,15	0,60	3000	2,0
3,8	0,20	0,40	3000	2,0	2,5	0,20	0,60	3000	2,0
15,0	0,10	0,40	6000	4,0	10,0	0,10	0,60	6000	4,0
10,0	0,15	0,40	6000	4,0	6,7	0,15	0,60	6000	4,0
7,5	0,20	0,40	6000	4,0	5,0	0,20	0,60	6000	4,0
1,7	0,10	0,45	750	0,5	1,2	0,10	0,65	750	0,5
1,1	0,15	0,45	750	0,5	0,8	0,15	0,65	750	0,5
0,8	0,20	0,45	750	0,5	0,6	0,20	0,65	750	0,5
6,7	0,10	0,45	3000	2,0	4,6	0,10	0,65	3000	2,0
4,4	0,15	0,45	3000	2,0	3,1	0,15	0,65	3000	2,0
3,3	0,20	0,45	3000	2,0	2,3	0,20	0,65	3000	2,0
13,3	0,10	0,45	6000	4,0	9,2	0,10	0,65	6000	4,0
8,9	0,15	0,45	6000	4,0	6,2	0,15	0,65	6000	4,0
6,7	0,20	0,45	6000	4,0	4,6	0,20	0,65	6000	4,0

ANEXO - 3

TABELA 29. Áreas de captação (Ac), para diferentes valores do Coeficiente de Escoamento (C), da Precipitação média (Pm), e do volume bruto (Vb) a ser armazenado no Sistema SAES.- Consumo animal.

Ac (ha)	C	Pm (m)	Vb (m ³)	Ac (ha)	C	Pm (m)	Vb (m ³)
14,3	0,07	0,3	3000	8,6	0,07	0,50	3000
6,7	0,15	0,3	3000	4,0	0,15	0,50	3000
5,0	0,20	0,3	3000	3,0	0,20	0,50	3000
23,8	0,07	0,3	5000	14,3	0,07	0,50	5000
11,1	0,15	0,3	5000	6,7	0,15	0,50	5000
8,3	0,20	0,3	5000	5,0	0,20	0,50	5000
47,6	0,07	0,3	10000	28,6	0,07	0,50	10000
22,2	0,15	0,3	10000	13,3	0,15	0,50	10000
16,7	0,20	0,3	10000	10,0	0,20	0,50	10000
12,2	0,07	0,35	3000	7,8	0,07	0,55	3000
5,7	0,15	0,35	3000	3,6	0,15	0,55	3000
4,3	0,20	0,35	3000	2,7	0,20	0,55	3000
20,4	0,07	0,35	5000	13,0	0,07	0,55	5000
9,5	0,15	0,35	5000	6,1	0,15	0,55	5000
7,1	0,20	0,35	5000	4,5	0,20	0,55	5000
40,8	0,07	0,35	10000	26,0	0,07	0,55	10000
19,0	0,15	0,35	10000	12,1	0,15	0,55	10000
14,3	0,20	0,35	10000	9,1	0,20	0,55	10000
10,7	0,07	0,40	3000	7,1	0,07	0,60	3000
5,0	0,15	0,40	3000	3,3	0,15	0,60	3000
3,8	0,20	0,40	3000	2,5	0,20	0,60	3000
17,9	0,07	0,40	5000	11,9	0,07	0,60	5000
8,3	0,15	0,40	5000	5,6	0,15	0,60	5000
6,3	0,20	0,40	5000	4,2	0,20	0,60	5000
35,7	0,07	0,40	10000	23,8	0,07	0,60	10000
16,7	0,15	0,40	10000	11,1	0,15	0,60	10000
12,5	0,20	0,40	10000	8,3	0,20	0,60	10000
9,5	0,07	0,45	3000	6,6	0,07	0,65	3000
4,4	0,15	0,45	3000	3,1	0,15	0,65	3000
3,3	0,20	0,45	3000	2,3	0,20	0,65	3000
15,9	0,07	0,45	5000	11,0	0,07	0,65	5000
7,4	0,15	0,45	5000	5,1	0,15	0,65	5000
5,6	0,20	0,45	5000	3,8	0,20	0,65	5000
31,7	0,07	0,45	10000	22,0	0,07	0,65	10000
14,8	0,15	0,45	10000	10,3	0,15	0,65	10000
11,1	0,20	0,45	10000	7,7	0,20	0,65	10000

A N E X O - 4

Componentes dos diferentes sistemas de aproveitamento da água de chuva proveniente do escoamento superficial, para consumo humano, animal e vegetal.

Consumo Humano (SAES-CH)

- . Cisterna convencional
- . Cisterna Veneziana
- . Cisterna Americana
- . Cisterna Colonial
- . Cisterna CPATSA
- . Tanque em Pedra

Consumo Animal (SAES-CA)

- . Barreiro Convencional
- . Barreiro (SAES-CA)
- . Tanque em Pedra
- . Cisterna CPATSA
- . Açude

Consumo Vegetal (SAES-CV)

- . Cisterna CPATSA
 - . Poço
 - . Açude
 - . Rio
 - . Barreiro (SAES-CV)
 - . Microbacia hidrográfica
 - . Captação de água "in situ"
 - . Sulcos e camalhões (ICRISAT)
 - . Sulcos (Guimarães Duque)
 - . Sulcos (CP-MÉXICO)
 - . Microbacias de Captação (Israel)
 - . Bacias de captação (Israel)
- horta familiar
 - agricultura irrigada
 - agricultura de vazante, mon
tante e jusante
 - agricultura irrigada e vazan
te de leito de rio
 - agricultura com irrigação
de salvação
 - agricultura com irrigação
de salvação

Devolver esta publicação na última data carimbada.

[illegible]

EMBRAPA - DID - REBEM

Nome de Unidade: CPATSA

333.91009813

S586u

1982